

HAVO

Biologie voor jou

bvj



MALMBERG

NAAM EN KLAS:



bvj

4b

HAVO

biologie voor jou
LEEROPDRACHTENBOEK



BIOLOGIE VOOR DE BOVENBOUW
HAVO

AUTEURS

MARIANNE GOMMERS
DESIRÉE HAGENS
ARTHUR JANSEN
MIRANDA JANSEN
ANDRÉ VAN LEIJEN
HANS RAWEE
THEO DE ROUW

EINDREDACTIE

ILSE GMELIG
LINEKE PIJNAPPELS

MET MEDEWERKING VAN

LIZZY BOS-VAN DER AVOORT
RENATE BROUWERS
DANIËL VAN DRAANEN
PAULA VAN KRANENBURG
CEES MULDER
MARTEN MULDER
RENÉ WESTRA

MAX RELEASE 6.1

MALMBERG 'S-HERTOGENBOSCH
WWW.BIOLOGIEVOORJOU.NL

Voorwoord

Dit boek maakt deel uit van de methode *Biologie voor jou* voor de bovenbouw van het havo. Met deze methode kun je (met aanwijzingen van je docent) oefenen op je eigen niveau, en je goed voorbereiden op proefwerken en examens. We gebruiken in deze methode ‘docent’, ‘leerling’ en ‘bioloog’ voor beide geslachten.

Biologie voor jou bestaat uit leeropdrachtenboeken, uitwerkingenboeken en een digitale leeromgeving. Je kunt alle onderdelen uit het boek ook daarin doen.

OPBOUW VAN DE THEMA’S

Biologie voor jou is opgedeeld in thema’s. In een thema wordt de leerstof van een bepaald onderwerp uit de biologie behandeld. Alle thema’s in de delen 4 en 5 havo samen vormen de gehele leerstof voor het biologie-examen havo. De thema’s bestaan steeds uit dezelfde onderdelen. Deze staan hierna beschreven.

ONTDEKKEN

In deze context kun je de leerstof ontdekken door een maatschappelijke vraag of probleem op te lossen. Zo ontdek je welke rol biologie speelt in het dagelijks leven. Ook maak je alvast kennis met een deel van de leerstof van het thema. Je docent zegt of en wanneer je met ‘Ontdekken’ aan de slag gaat.

BASISSTOF

In de basisstoffen staat in tekst en beeld alle leerstof die je moet kennen. Ook staan er opdrachten in waarmee je de leerstof oefent. Met behulp van het uitwerkingenboek kun je deze opdrachten zelf nakijken. Je kunt de opdrachten ook maken in de digitale leeromgeving. Bij moeilijke opgaven krijg je direct feedback en de gesloten opgaven worden automatisch nagekeken. Je ziet dan meteen het goede antwoord. Aan het einde van sommige basisstoffen staat een verwijzing naar een opgave uit de Biologie Olympiade. Deze kun je herkennen aan het  symbool. Dergelijke opgaven zijn extra uitdagend. De opgaven waarnaar verwezen wordt, staan achter in dit boek.

SAMENHANG

Met de context in de ‘Samenhang’ leer je nog beter verbanden te leggen tussen de leerstof uit de basisstoffen. Je leert om de verschillende organisatieniveaus in de biologie met elkaar te verbinden, van klein naar groot en andersom.

PRACTICA

De practica staan overzichtelijk bij elkaar in een aparte paragraaf. Bij elk practicum is aangegeven bij welke basisstof het practicum hoort. Veelgebruikte biologische technieken staan in aparte kaders zodat je deze gemakkelijk kunt opzoeken.

AFSLUITING

In de samenvatting staat precies omschreven wat je moet kennen en kunnen voor een proefwerk of toets. De samenvatting is opgedeeld in leerdoelen. Deze leerdoelen kun je ook terugvinden in de basisstoffen. Hierdoor kun je opzoeken welke leerstof bij de samenvatting hoort.

ONTDEKKEN	
Leven met MS	8
BASISSTOF	
1 Regeling en homeostase	10
2 Hormonale regulatie	13
3 Het zenuwstelsel	22
4 Reflexen en het autonome zenuwstelsel	31
5 Neurale regulatie	36
6 Spieren en beweging	43
SAMENHANG	
Verliefdheid is chemie	50
VERRIJKINGSSTOF	
Verliefdheid is chemie	
De effecten van drugs	
Ideeën voor onderzoek	
PRACTICA	52
AFSLUITING	
Samenvatting	56
Flitskaarten	
Oefentoets	
Examentrainer	60

▲ Opbouw van thema 5

EXAMENTRAINER

Je kunt het thema afsluiten met de 'Examentrainer'. De examentrainer helpt je niet alleen bij de voorbereiding op het examen, maar brengt ook verband aan tussen de verschillende thema's. Zo leer je de samenhang tussen begrippen en processen beter te zien.

EXTRA IN DIGITALE LEEROMGEVING

In de digitale leeromgeving vind je dezelfde onderdelen als in het boek. Daarnaast zijn er verrijkingsstoffen, Test Jezelfs, oefentoetsen, flitskaarten, de Versterk Jezelf en links naar actualiteiten. Deze onderdelen staan hierna beschreven.

VERRIJKINGSSTOF

De verrijkingsstoffen staan alleen online en bevatten extra stof bij het thema. Met de verrijkingsstoffen kun je extra kennis of vaardigheden opdoen, of oefenen op een meer uitdagend niveau.

TEST JEZELF EN OEFENTOETS



Je kunt elke basisstof afsluiten met Test Jezelf. Hierbij krijg je vragen om te testen of je de basisstof voldoende beheerst. Maak je een vraag fout, dan krijg je een herkansing. Haal je de score van 100%, dan weet je dat je de basisstof beheerst.



Met de Oefentoets kun je ook met een heel thema oefenen. Je kunt de Oefentoets zo vaak doen als je wilt.

FLITSKAARTEN



Met de flitskaarten kun je biologische begrippen leren op een leuke en interactieve manier. Hiermee kun je gemakkelijker een thema leren voor je proefwerk of examen.

VERSTERK JEZELF



De Versterk Jezelf helpt je om onderwerpen die je nog niet goed beheerst, te oefenen. Als je veel opgaven bij een bepaald onderwerp niet goed maakt, verschijnt er een uitnodiging op je scherm om de bijbehorende Versterk Jezelf te maken. Je kunt de Versterk Jezelf ook op een ander moment doen.

ACTUALITEIT



De knop 'Actualiteit' stuurt je door naar biologiefilmpjes.nl. Hier vind je filmpjes over biologie in de actualiteit.

TOELICHTING BIJ CONTEXTEN

In dit boek staan veel contexten. Contexten verbinden de leerstof. Ook kun je met contexten ontdekken welke rol biologie speelt in het dagelijks leven, in beroepen en in de wetenschap. Bij contexten staan opdrachten die je helpen om de leerstof toe te passen in een nieuwe omgeving. Dit is een goede voorbereiding op het examen. Sommige contexten staan in een opvallend oranje kader. Maar je zult ook zien dat veel opdrachten kleine contexten bevatten. In de contexten staat nooit nieuwe leerstof die je moet kennen voor het examen. Je hoeft contexten dus niet uit je hoofd te leren.

We wensen je veel plezier bij het werken met dit deel van *Biologie voor jou* en veel succes bij de voorbereiding op je examen.

De auteurs

Inhoud

THEMA 5

Regeling

ONTDEKKEN

Leven met MS	8
--------------	---

BASISSTOF

1	Regeling en homeostase	10
2	Hormonale regulatie	13
3	Het zenuwstelsel	22
4	Reflexen en het autonome zenuwstelsel	31
5	Neurale regulatie	36
6	Spieren en beweging	43

SAMENHANG

Verliefdheid is chemie	50
------------------------	----

VERRIJKINGSSTOF

Verliefdheid is chemie	
De effecten van drugs	
Ideeën voor onderzoek	

PRACTICA	52
----------	----

AFSLUITING

Samenvatting	56
Flitskaarten	
Oefentoets	

Examentrainer	60
---------------	----

THEMA 6

Waarneming en gedrag

ONTDEKKEN

Bij zoekt bom	64
---------------	----

BASISSTOF

1	Het zintuigstelsel	66
2	Het oog	70
3	Gedrag beschrijven	82
4	Vorming van gedrag	87
5	Aangepast gedrag	94
6	Sociaal gedrag	102

SAMENHANG

Hyenavrouwtjes hebben de broek aan	108
------------------------------------	-----

VERRIJKINGSSTOF

Practicum pissebedden	
Anorexia en boulimia	
Ideeën voor onderzoek	

PRACTICA	110
----------	-----

AFSLUITING

Samenvatting	114
Flitskaarten	
Oefentoets	

Examentrainer	118
---------------	-----

THEMA 7

Ecologie en milieu

ONTDEKKEN

Mag de wolf terugkeren in Nederland? 122

BASISSTOF

- | | | |
|---|-----------------------------------|-----|
| 1 | Organismen | 124 |
| 2 | Populaties | 130 |
| 3 | Ecosystemen | 136 |
| 4 | Veranderende ecosystemen | 146 |
| 5 | Duurzaamheid en natuurbescherming | 152 |
| 6 | Kringlopen | 157 |
| 7 | Voedselproductie | 163 |
| 8 | Energie | 170 |

SAMENHANG

Vissen aan de pil 175

VERRIJKINGSSTOF

Leven in een stad 
Modelleren met Coach 

PRACTICA 177

AFSLUITING

Samenvatting 181
Flitskaarten 
Oefentoets 

Examentrainer 185
Versterk Jezelf 

BIOLOGIE OLYMPIADE OPDRACHTEN  188

REGISTER 192

COLOFON 195

5

Regeling

Als je hardloopt, beweeg je met behulp van je spierstelsel. Het hormoonstelsel en het zenuwstelsel regelen dat processen zoals je hartslag en ademhaling worden aangepast aan deze activiteit. Deze orgaanstelsels werken samen om de omstandigheden in je lichaam min of meer constant te houden. Dit thema gaat over de bouw, functie en samenwerking van het hormoonstelsel, het zenuwstelsel en het spierstelsel.

ONTDEKKEN

Leven met MS	8
--------------	---

BASISSTOF

1 Regeling en homeostase	10
2 Hormonale regulatie	13
3 Het zenuwstelsel	22
4 Reflexen en het autonome zenuwstelsel	31
5 Neurale regulatie	36
6 Spieren en beweging	43

SAMENHANG

Verliefdheid is chemie	50
------------------------	----

PRACTICA	52
-----------------	----

SAMENVATTING	56
---------------------	----

EXAMENTRAINER	60
----------------------	----







*‘Verstrikt in wat vooraf
logisch leek’*

Leven met MS

►► BASISSTOF 3 EN 5

Deadlines naderen, stukjes moeten geschreven, afspraken wachten. Mijn huis is een puinhoop, stapeltjes post nog onbeantwoord. De thuiszorg staat onaangekondigd voor de deur. En steeds maar telefoon. Rust wil ik. Stilte om mijn gedachten te ordenen. Aandacht om voor mijn drukke hoofd en lijf te zorgen.

Vrienden hebben een huis in Frankrijk, een kasteel eigenlijk. Ik ben daar welkom en de omgeving is prachtig. Zij hebben een fiets en 24 hectare gras om te maaien. In de Franse buitenlucht zullen de gedachten in mijn spaghetti-volle hoofd zich ontwarren tot heldere, overzichtelijke slierten. Even geen afleiding, geen verplichtingen, en vooral géén telefoon. Alleen lieve vrienden, 's avonds aan een lange tafel met hun eigen verhalen.

Ik vertrek naar Frankrijk. Dat ik last heb van mijn cognitie weet ik; concentreren gaat moeizaam. Kletsen met de radio aan is uitgesloten. Namen kunnen zomaar zoek zijn in mijn hoofd. Hele stukken lees ik, zonder daadwerkelijk op te slaan wat er nou eigenlijk staat. Tijdens het koken raak ik verstrikt in wat vooraf een logische volgorde leek van ingrediënten en kooktijd. Als ik 'n moeilijke vraag beantwoord, sluit ik het liefst in stilte mijn ogen om mijn hersenen de rust te geven de woorden te vinden die ik bedoel. Het zijn heerlijke zonnige dagen in het kasteel. Elke dag lees ik in de ochtend een hoofdstuk uit mijn boek. En 's middags op de grasmaaier of fiets kan ik ontspannen, dan lijkt er even geen MS. Gelukkig heb ik er deze week weinig last van. Terwijl ik een week voor vertrek nog een aanval kreeg waarin mijn gezichtsvermogen tijdelijk verminderde en alle kracht uit mijn spieren leek te verdwijnen.

Als ik ga fietsen, neem ik mijn navigatie mee om niet te verdwalen. Gisteren ging dat niet zoals gepland. Wat 'n kort ommetje zou zijn, werd een uitdagende tocht doordat ik het vertrekpunt vergat in te voeren. Een prachtige daling kwam plotseling op mijn pad. Halverwege realiseerde ik mij dat deze daling niet goed kon zijn. Inderdaad, na die paar minuten dalend genot kwamen stevige klimmen. Waar is het kasteel? Het werd 'n onlogische route. Meerdere keren vroeg ik de weg, de uitleg was ik een paar meters verderop alweer vergeten ... Anderhalf uur later stond ik bij de gedekte lange tafel waar mijn vrienden ongerust wachtten. Gauw stapte ik onder de warme douche. Eerst checkte ik de thermostaatknop. Ik wilde mij niet verbranden doordat mijn gevoelloze huid de signalen niet meer goed doorgeeft. Quiche geurde in de oven; gelukkig geen spaghetti, daar had ik mijn hoofd al vol van.

Bron: www.toekomstmetms.nl/ (28 mei 2015).

Tessa van den Berg schrijft maandelijks een blog over haar leven met multiple sclerose op de website www.toekomstmetms.nl. Zij zet zich in als patiënten-ambassadeur bij Stichting MS Research. In deze rol spreekt zij als ervaringsdeskundige voor mensen met MS. MS Research zet zich in voor onderzoek naar de oorzaak, behandeling en mogelijkheden voor genezing van multiple sclerose.

opdrachten

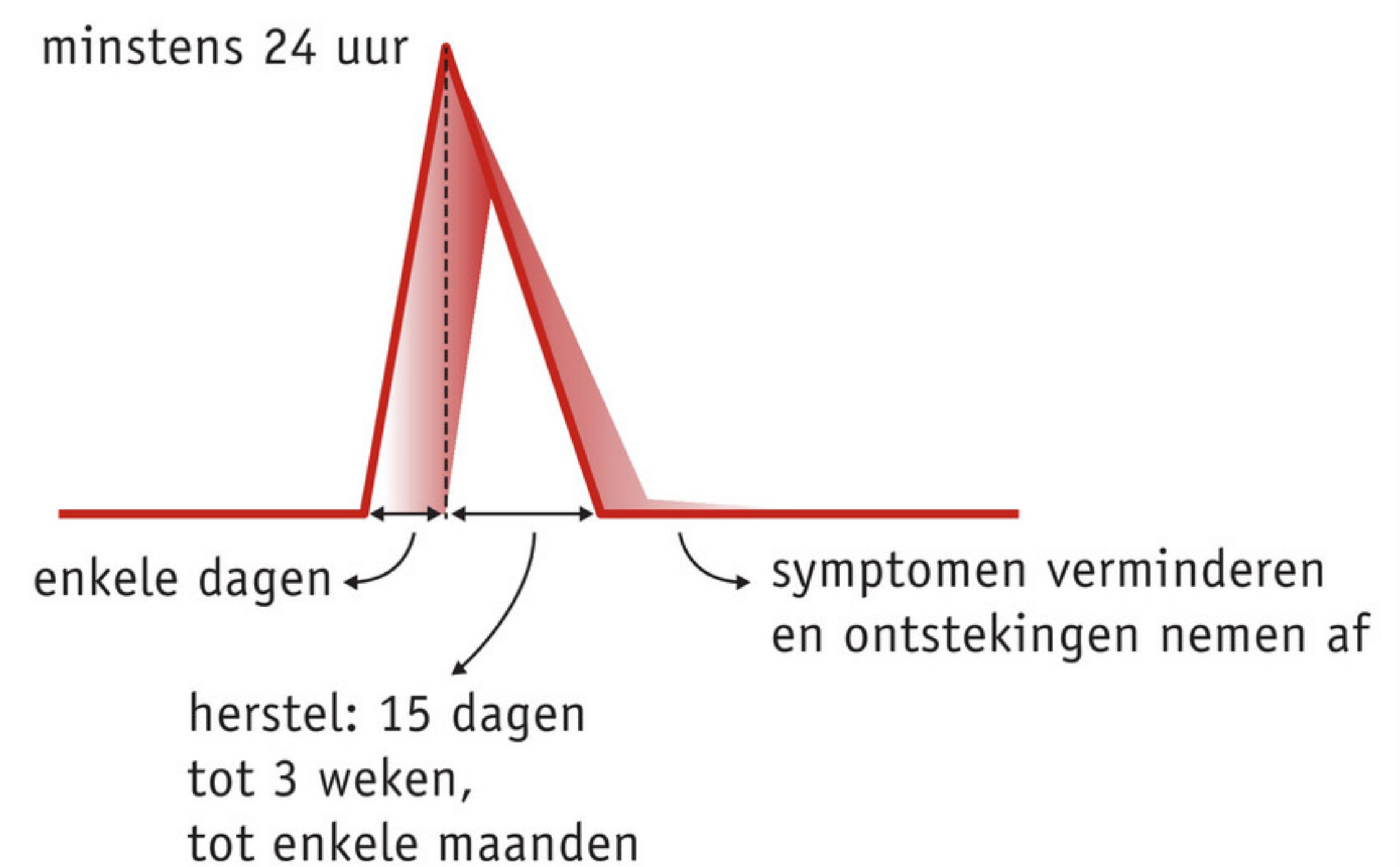
- 1 Tessa moet vaak uitleggen wat het verschil is in verwerking van prikkels en impulsen bij een persoon mét en een persoon zónder MS. Ze wil daarvoor graag een infographic gaan gebruiken en vraagt jullie, haar collega's, om die voor haar te maken. Een infographic is een combinatie van korte teksten, begrippen en beeld en is bedoeld om informatie over te dragen.
 - a Begrippen die ze altijd gebruikt in haar uitleg, en die ze dus graag wil terugzien in jullie infographic, zijn: *alles-of-nietsprincipe, cellen van Schwann, centraal zenuwstelsel, impulsen, myelineschede, perifeer zenuwstelsel, receptoren, gevoelszenuwcellen, schakelzenuwcellen en bewegingszenuwcellen, sprongsgewijze impulsgeleiding, witte stof en zenuw.*
 - b In het tweede deel van de infographic laten jullie zien hoe de symptomen bij mensen met MS te verklaren zijn. Gebruik hierbij de symptomen die Tessa beschrijft in haar blog en de verschillende centra in de hersenschors.
- 2 Een van de meest gestelde vragen aan Stichting MS Research is: hoe ziet mijn toekomst eruit? Patiënten vragen zich af hoe MS zich bij hen zal ontwikkelen de komende jaren. De medewerkers van de stichting zijn geen arts en kunnen niet in de toekomst kijken, maar kunnen patiënten wel drie scenario's voorleggen aan de hand van drie verschillende tekeningen van zenuwcellen. Gebruik bij je uitleg afbeelding 1 en 2, het begrip 'relapse' of aanval en eventueel bronnen op internet zoals de websites van de Hersenstichting, Nationaal MS fonds, MS Vereniging Nederland en MS Research.

Wat is een relapse?

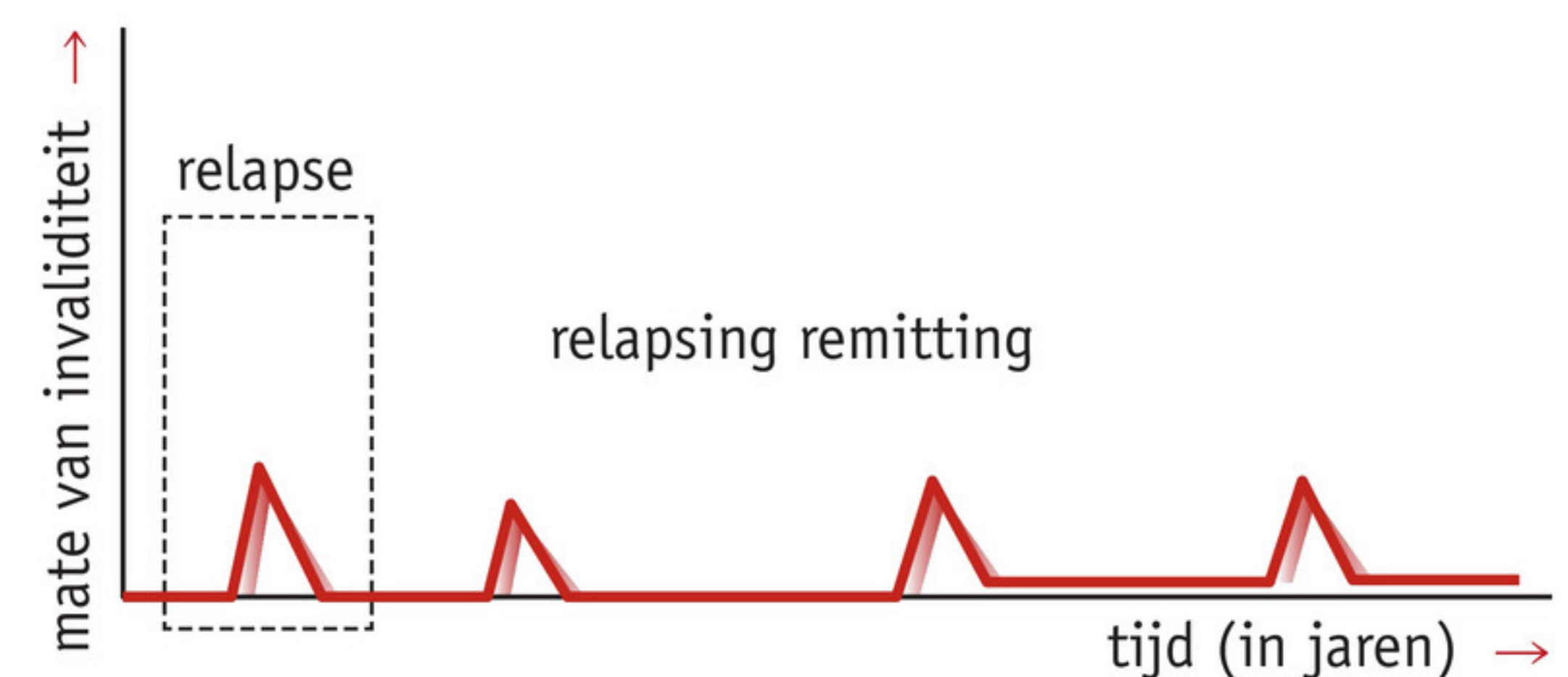
Kenmerkend voor MS is dat de symptomen in het begin in aanvallen komen. De aanvallen noem je 'relapses' en de herstelfase de 'remitting phase'.

▼ Afb. 1 Een relapse.

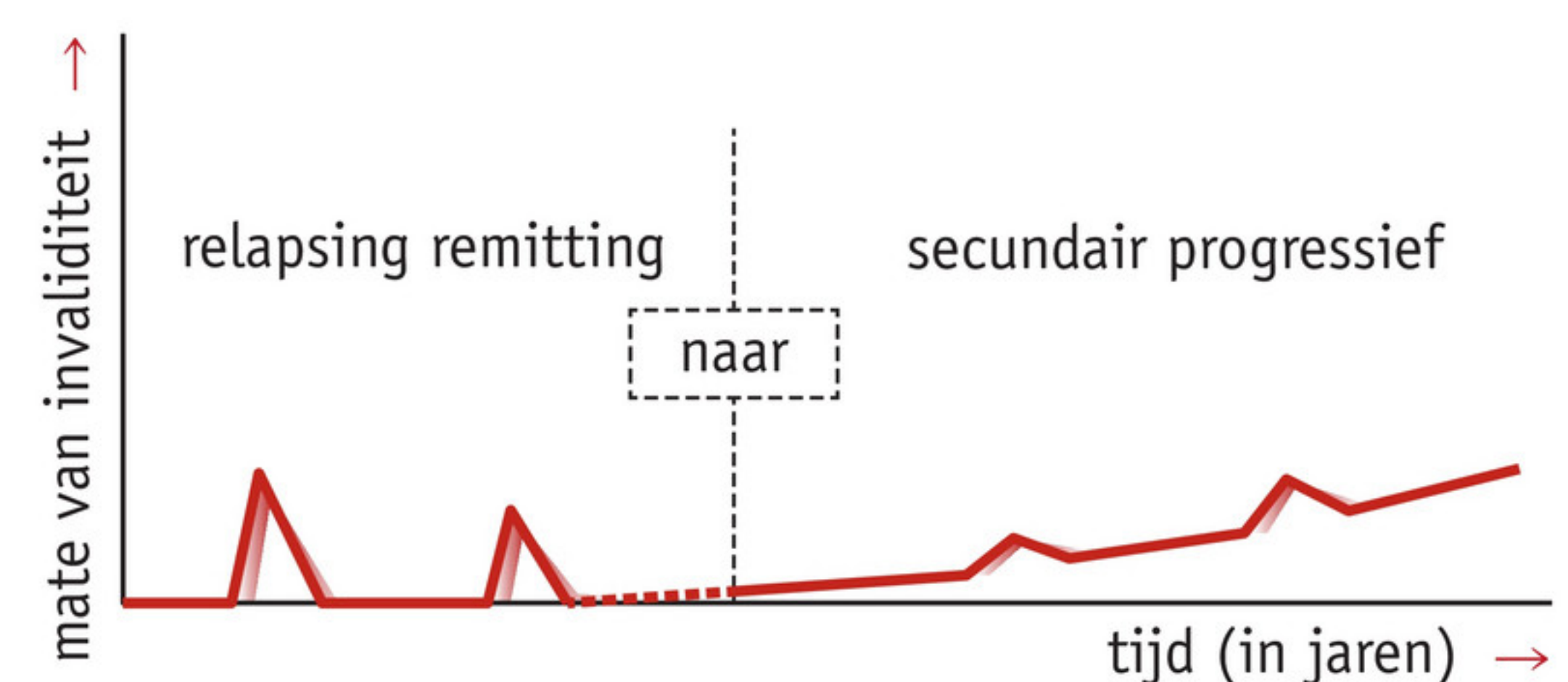
minstens 24 uur



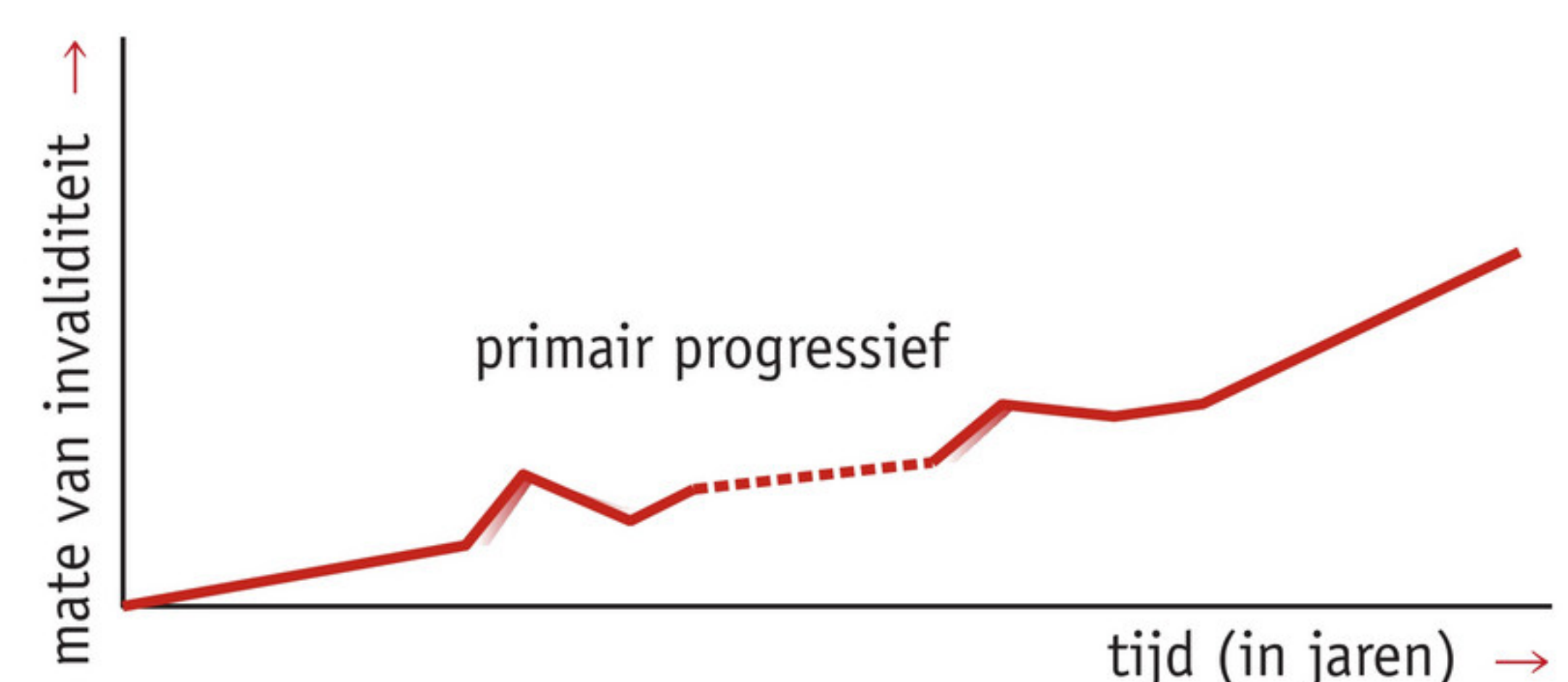
▼ Afb. 2 Het verloop van MS.



1 traag



2 zeer variabel



3 onvoorspelbaar

Leerdoelen

- Je kunt beschrijven hoe regelkringen een rol spelen bij het handhaven van de homeostase bij de mens.

1

Regeling en homeostase

Elk organisme neemt stoffen op uit de omgeving en geeft stoffen af aan de omgeving. Waarom neem je zuurstof, voedsel en water op uit je omgeving en geef je koolstofdioxide, urine, ontlasting, zweet en warmte eraan af?

HOMEOSTASE

Je lichaam handhaaft factoren zoals de zuurstofconcentratie en glucoseconcentratie in het bloed, de osmotische waarde van lichaamsvloeistoffen en de lichaamstemperatuur rondom een bepaalde waarde. Dit is de **normwaarde**. Je normale lichaamstemperatuur schommelt rondom een normwaarde van 37 °C doordat factoren zoals de omgevingstemperatuur en activiteiten je lichaamstemperatuur steeds beïnvloeden. Hier is sprake van een **dynamisch evenwicht**. Dit wordt in stand gehouden door een **regelkring**. Het in stand houden van een dynamisch evenwicht in het inwendige milieu van organismen noem je **homeostase**.

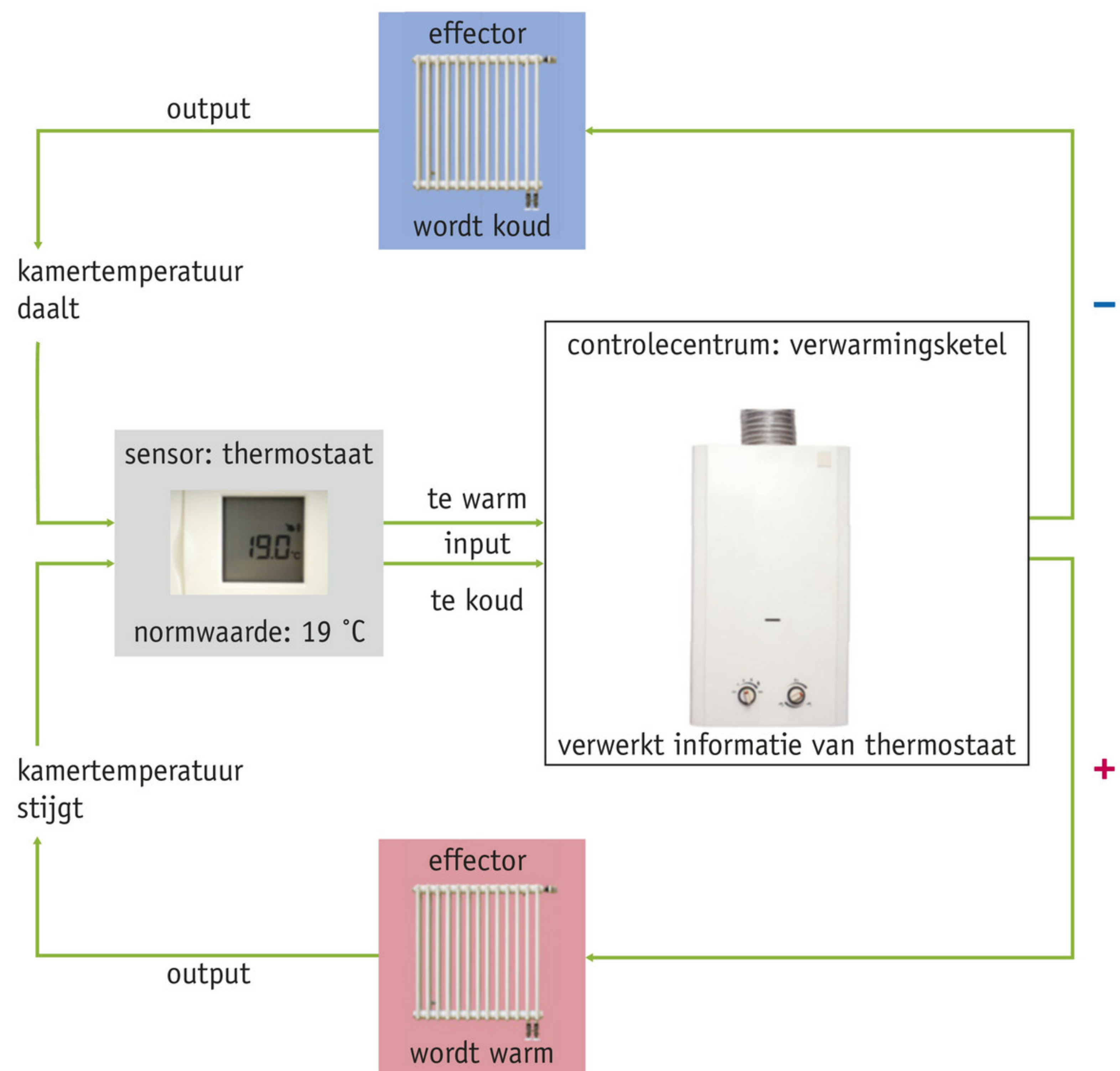
REGELKRINGEN

In de techniek worden ook regelkringen gebruikt. Bijvoorbeeld om in een huis de kamertemperatuur te regelen met behulp van centrale verwarming. Dit systeem bestaat uit radiatoren, een thermostaat en een verwarmingsketel. Om een min of meer constante temperatuur in huis te kunnen handhaven, vormen deze delen samen een regelkring die bestaat uit een sensor, een controlecentrum en een effector (= uitvoerder) (zie afbeelding 1). De thermostaat is de sensor en staat bijvoorbeeld afgesteld op 19 °C (normwaarde). De thermostaat geeft een signaal af aan de verwarmingsketel (het controlecentrum) wanneer de temperatuur in de kamer lager wordt dan 19 °C. De verwarmingsketel verwarmt water en pompt dat naar de effector: de radiator. De temperatuur in de kamer stijgt. Wanneer de temperatuur in de kamer hoger is dan 19 °C, geeft de sensor geen signaal meer af aan de verwarmingsketel. De temperatuur van de radiator daalt en de kamertemperatuur gaat omlaag. Wanneer een toename van het resultaat (stijging van de temperatuur) een remming van het proces veroorzaakt, spreek je van **negatieve terugkoppeling** (negatieve feedback). Een afname van het resultaat (daling van de temperatuur) veroorzaakt een stimulering van het proces. In afbeelding 1 is dit aangegeven met – en +. Op deze manier blijft de temperatuur in de kamer ongeveer 19 °C.

Bij een regelkring waarin een toename van het resultaat het proces versterkt, spreek je van **positieve terugkoppeling** (positieve feedback). Een voorbeeld hiervan bij de mens is de oxytocineregelkring bij de bevalling. Wanneer aan het eind van de zwangerschap het progesterongehalte bij de moeder daalt, neemt de productie van het hormoon oxytocine door de hypofyse toe. Oxytocine zorgt voor regelmatige samentrekkingen van de baarmoeder: de weeën. Door de weeën wordt het hoofdje van de baby tegen de uitgang van de baarmoeder gedrukt. Dat leidt tot meer afgifte van oxytocine met als gevolg meer en krachtiger weeën. Hierdoor neemt de druk van het hoofdje nog meer toe en daardoor de productie van oxytocine.

Bij meercellige organismen hebben de meeste cellen geen direct contact met het **uitwendige milieu** (de omgeving) doordat ze worden omgeven door andere cellen. Tussen de cellen van een weefsel bevindt zich weefselvloeistof. Samen met het bloed vormt de weefselvloeistof het **inwendige milieu** van een organisme. Tussen het inwendige en het uitwendige milieu bevindt zich ten minste één cellaag. De inhoud van darmen, longen en blaas hoort bij het uitwendige milieu. Homeostatische regelkringen in je lichaam zorgen ervoor dat de omstandigheden in het inwendige milieu niet te veel veranderen. De zuurstofconcentratie, glucoseconcentratie en osmotische waarde van weefselvloeistof en bloed veranderen voortdurend, maar schommelen steeds rondom de normwaarde. Homeostase is een voorbeeld van zelfregulatie van een organisme.

► **Afb. 1** Een voorbeeld van een regelkring: het verwarmingssysteem in een huis.



opdrachten

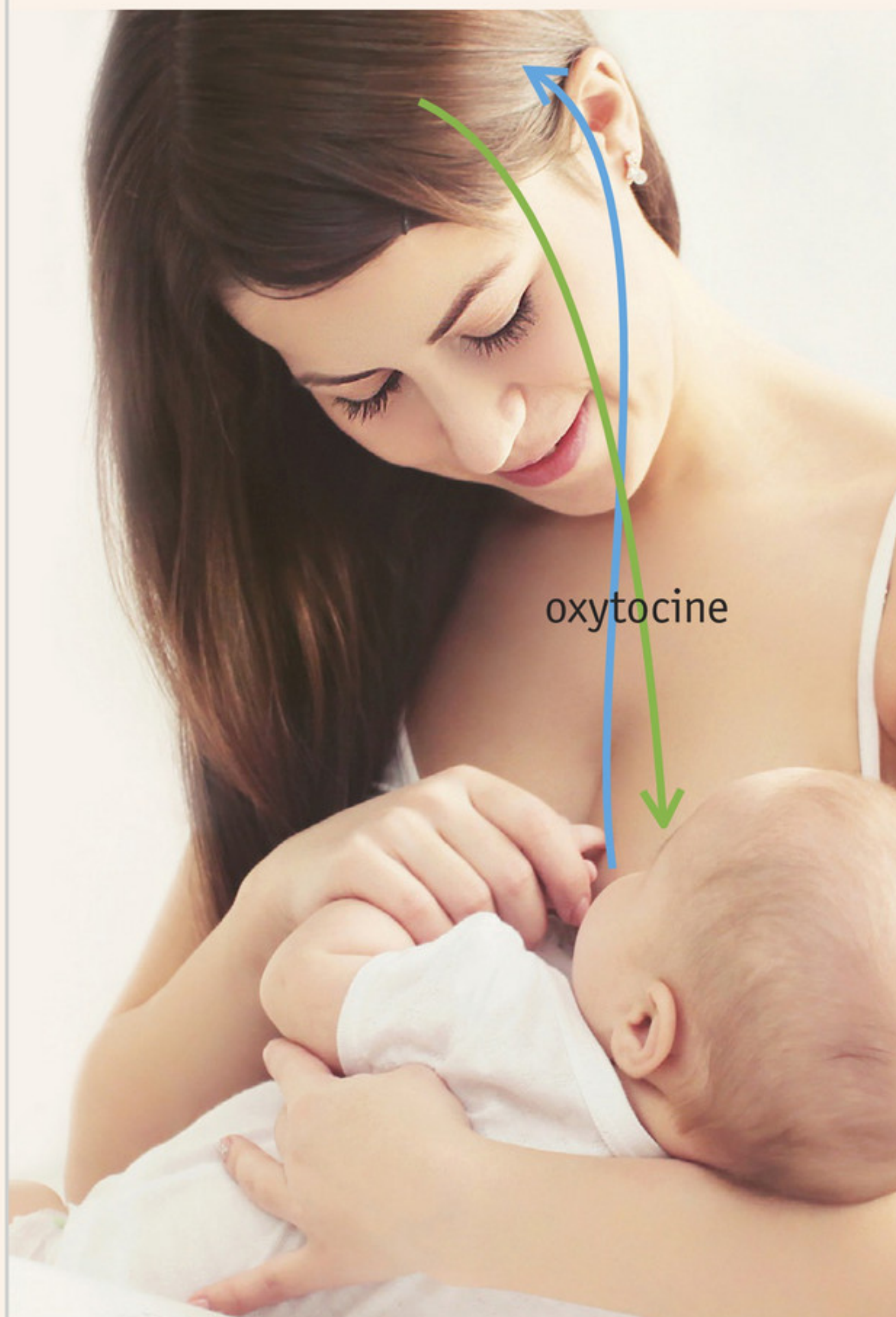
- 1
 - a Wat betekent homeostase?
 - b Wat is een regelkring?
 - c Op welk organisatieniveau vindt homeostase plaats?
- 2 Hoe stopt de oxytocineregelkring bij een vrouw die zwanger is? Leg je antwoord uit.

CONTEXT

Leefwereld

Oxytocine

▼ **Afb. 2** Het zuigen van de baby brengt bij de moeder de oxytocineproductie op gang.



Het hormoon oxytocine zorgt niet alleen voor weeën aan het einde van de zwangerschap en tijdens de bevalling. Iedereen maakt oxytocine aan bij positief onderling contact, zoals bij aankijken, aanraken, knuffelen en vrijen. Ook als je voor iemand zorgt, maak je meer oxytocine aan. Het hormoon bevordert toenadering en zorgt voor het ontstaan van een band tussen opvoeder en kind, tussen vrienden en tussen geliefden. Het hormoon oxytocine noem je daarom ook wel ‘knuffelhormoon’ of ‘hechtingshormoon’.

Door het zuigen van een baby aan de tepel produceert de hypofyse in de hersenen van de moeder ook oxytocine. Het hormoon zorgt er dan voor dat spiercellen om de melkklieren in de borst van de moeder samentrekken waardoor melk in melkkanaaltjes wordt geperst. Zo komt de melk gemakkelijker vrij voor de baby tijdens het zuigen (zie afbeelding 2).

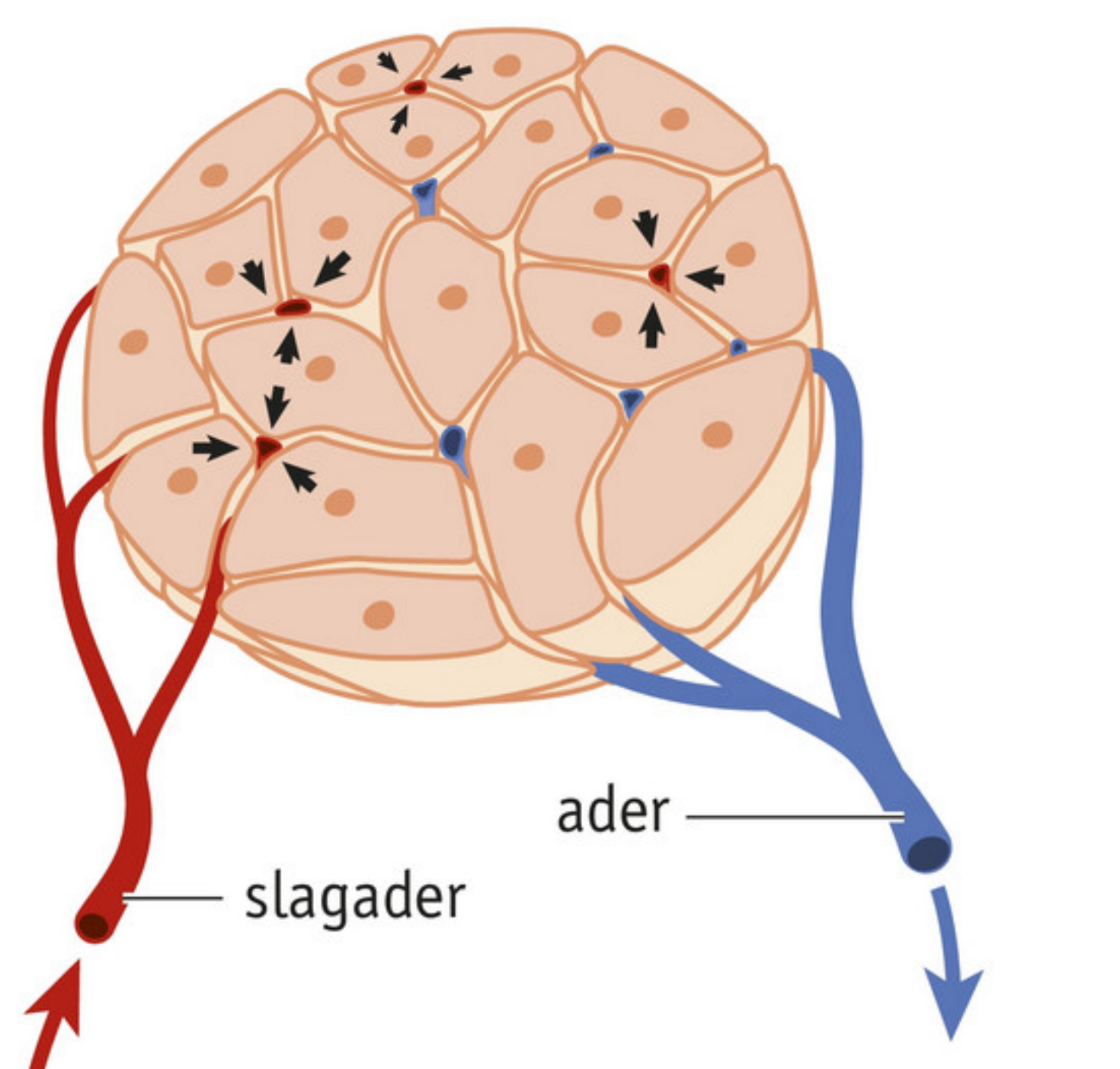
opdracht

- 3 Bij moeders die borstvoeding geven, kan zelfs het huilen van of denken aan de baby leiden tot oxytocineproductie. Er kan dan spontaan melk uit de tepels vloeien. Bij deze spontane melkafgifte spelen de volgende gebeurtenissen een rol:
 - 1 De hypofyse in de hersenen produceert oxytocine.
 - 2 Spiercellen om de melkklieren trekken samen.
 - 3 Een moeder hoort haar kind huilen.
 - 4 Spontane melkafgifte.
 - 5 Oxytocine wordt afgegeven en via het bloed door het lichaam verspreid.
- a In welke volgorde leiden deze gebeurtenissen tot spontane melkafgifte?
- b Is er bij de regelkring van afbeelding 2 sprake van negatieve of positieve terugkoppeling? Leg je antwoord uit.
- c Wanneer stopt de oxytocineregelkring bij het geven van borstvoeding?
- d Wanneer de borstvoeding na de geboorte van een kind niet goed op gang komt, krijgt de moeder soms een neusspray met oxytocine voorgeschreven. Op de bijsluiter staat: ‘Direct na toedienen krijgt u een pijnlijke kramp in de onderbuik. Dit hoort bij het effect van oxytocine. Het trekt vanzelf weer weg.’ Leg uit dat dit een normale bijwerking is.

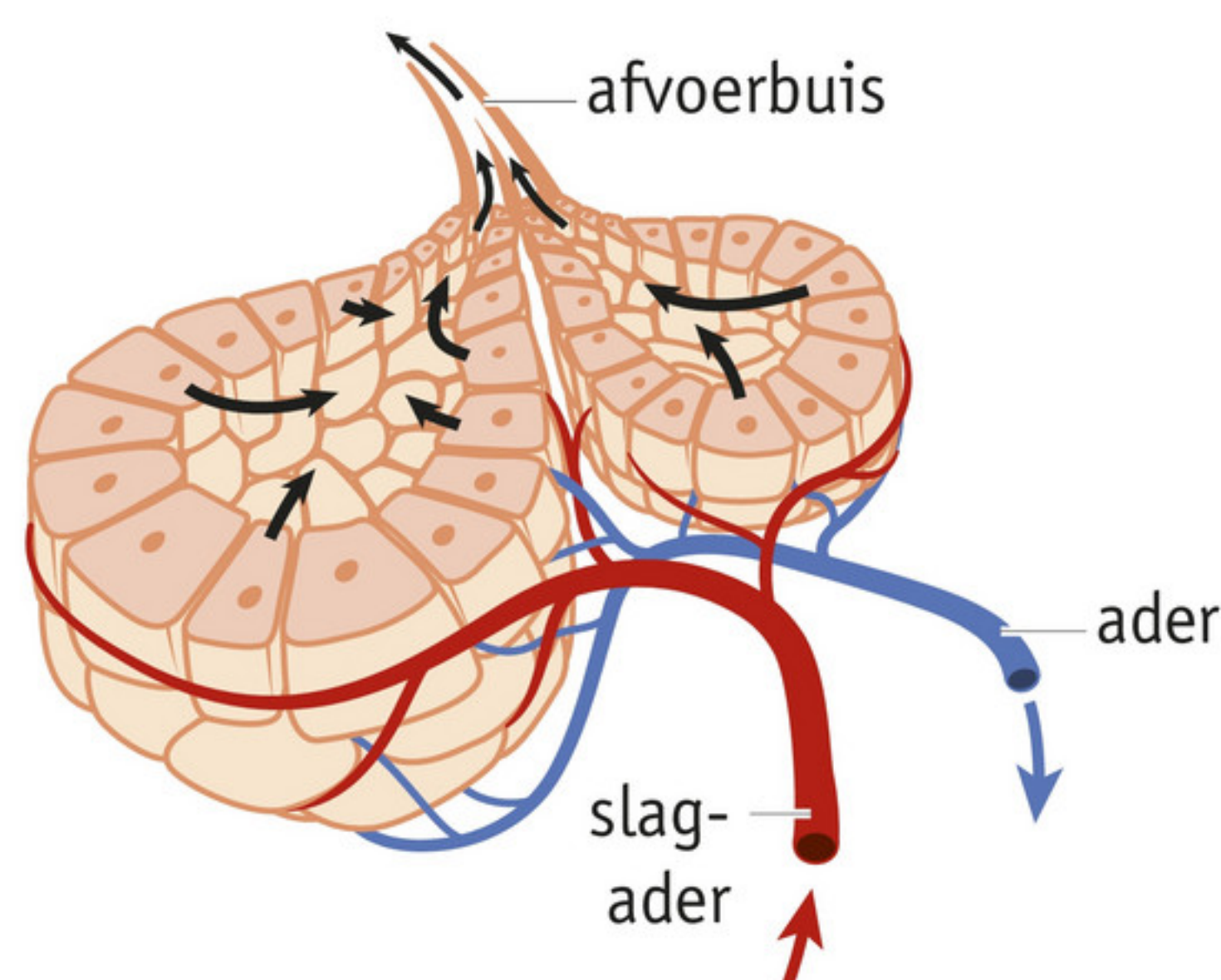
Leerdoelen

- Je kunt beschrijven op welke manieren hormonen de cellen van weefsels en organen kunnen beïnvloeden.
- Je kunt de werking van hormoonklieren en hun hormonen beschrijven en afleiden hoe doelwitorganen daarop reageren.

▼ Afb. 3 Klieren.



1 endocriene klier



2 exocriene klier

2 Hormonale regulatie

Wanneer je lichaam geslachtshormonen gaat maken, kom je in de puberteit. Hormonen zijn nodig voor het regelen van lichaamsprocessen. Maar wat gebeurt er als je lichaam te veel hormonen aanmaakt? Zo ontstaat bijvoorbeeld reuzengroei door hormonen die de groei regelen.

HORMONEN

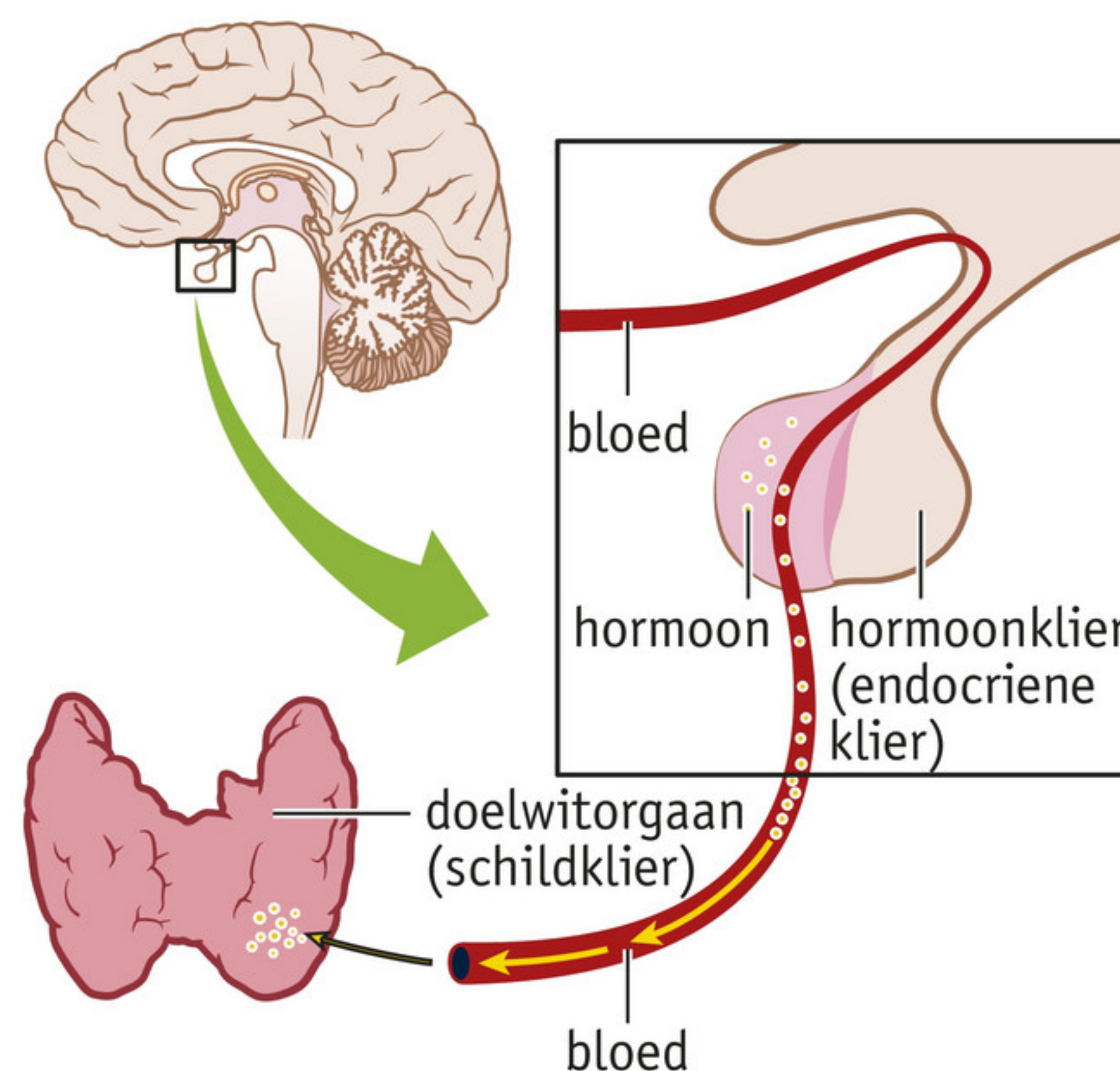
Voor homeostase in meercellige organismen is communicatie tussen cellen nodig. In organismen wordt informatie tussen cellen overgedragen met **signaalmoleculen**. Deze moleculen worden door bepaalde cellen afgegeven en binden aan **receptoren** in het membraan van andere cellen: de **doelwitcellen**. De binding kan in deze cellen een reactie op gang brengen of een reactie stoppen. Zelfs over grote afstanden is met signaalmoleculen communicatie mogelijk tussen de cellen van een organisme.

De signaalmoleculen die de cellen van hormoonklieren afgeven, zijn **hormonen**. Ze worden afgegeven aan het bloed dat door de hormoonklier stroomt. Je noemt hormoonklieren daarom ook wel **endocriene klieren** (zie afbeelding 3.1). De afgifte van hormonen door de hormoonklier heet secretie. Klieren met een afvoerbuys heten **exocriene klieren** (zie afbeelding 3.2). Zweetklieren en speekselklieren geven hun product af via een afvoerbuys. Dat heet excretie of uitscheiding.

DOELWITORGANEN

Het bloed transporteert hormonen door heel het lichaam. Vanuit de bloedvaten gaan hormonen via de weefselvloeistof naar alle cellen van een organisme. De hormonen zijn alleen werkzaam in organen waarvan de cellen receptoren bezitten waaraan het hormoon kan binden (zie afbeelding 4). Een hormoon kan processen in meerdere doelwitorganen regelen. De mate van reactie van een doelwitorgaan wordt onder andere bepaald door de concentratie van het hormoon (**hormoonconcentratie**) in het bloed en door het aantal hormoonreceptoren voor een bepaald hormoon op de cellen in het doelwitorgaan. Doordat hormonen vaak lang in het bloed en in het weefsel van doelwitorganen aanwezig blijven, houden de effecten lang aan. Hormonen reguleren onder andere geleidelijke processen die uitwerking hebben op het hele lichaam, zoals de groei en ontwikkeling, stofwisseling en voortplanting.

▼ Afb. 4 Een endocriene klier met doelwitorgaan.

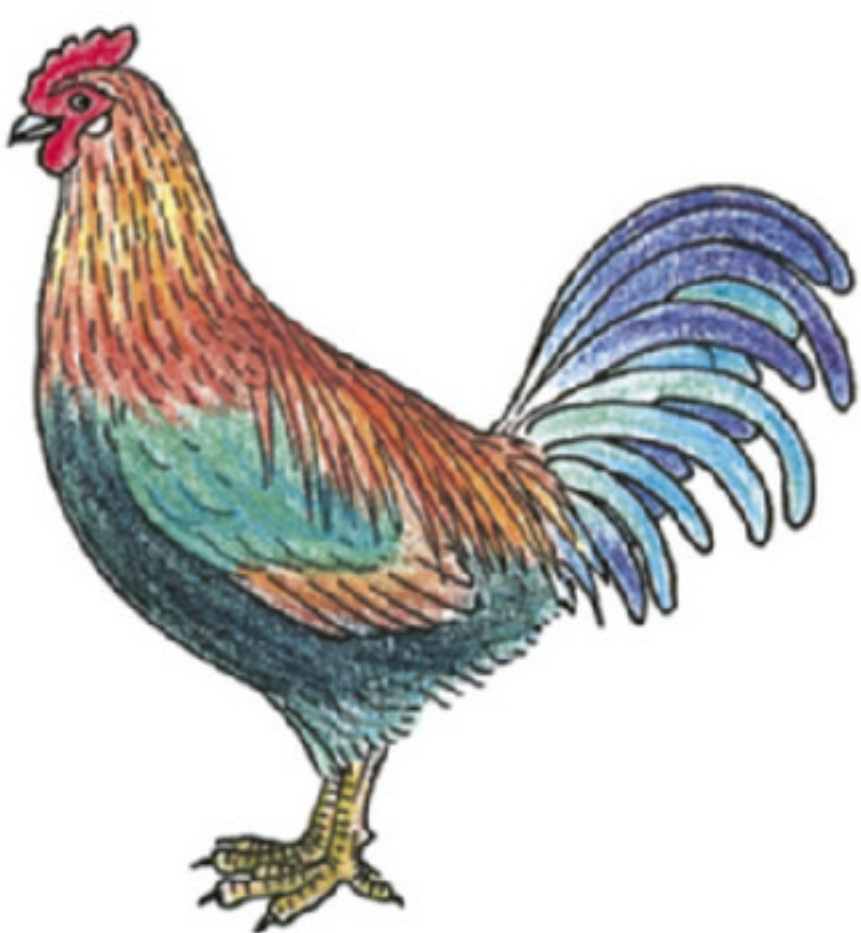


opdrachten

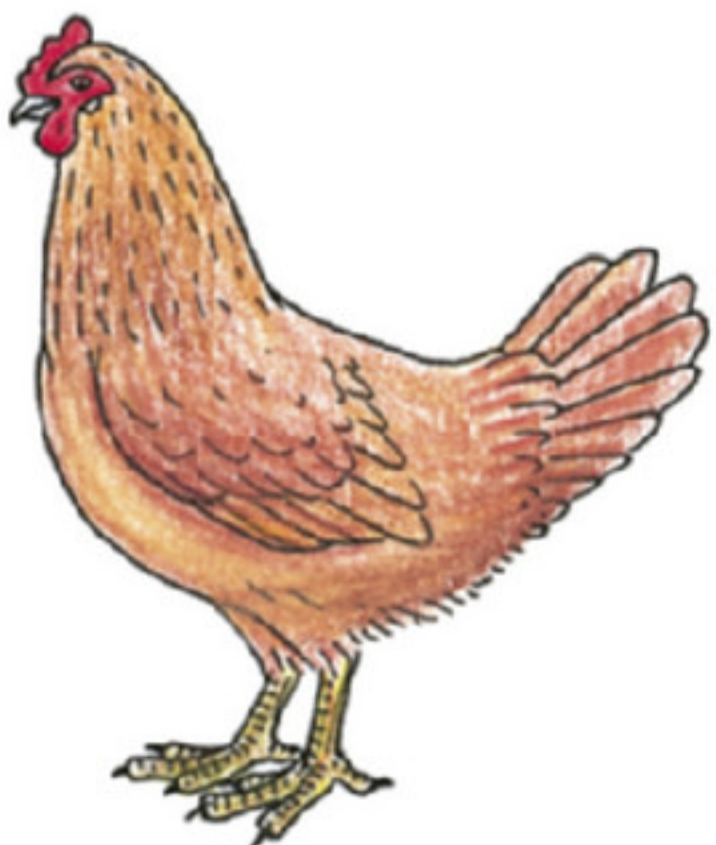
▼ **Afb. 5** Proef met gecasteerde hanen.



1 een haan



2 een haan na het verwijderen van de testes



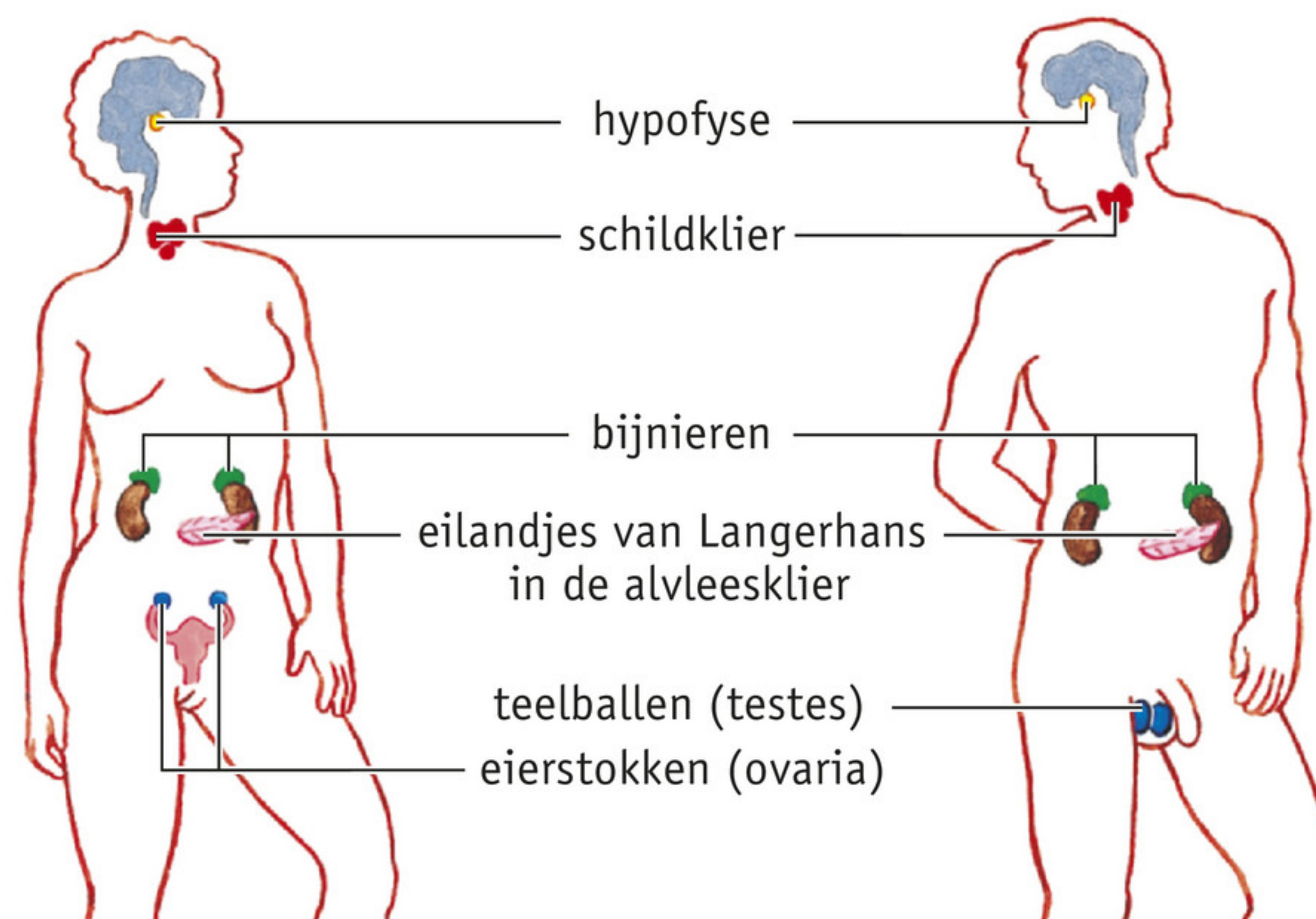
3 een hen

- 4 Bij communicatie met hormonen kan het even duren voordat de doelwitorganen zijn bereikt.
 - a Leg dat uit.
 - b Waarvan is de mate van reactie van een doelwitorgaan afhankelijk?
- 5 In de lever worden hormonen afgebroken. Leg uit dat deze afbraak noodzakelijk is om een goede regeling van processen mogelijk te maken.
- 6 De werking van veel hormonen kan worden onderzocht door bij proefdieren hormoonklieren weg te nemen. Na het verwijderen van de testes (castreren) bij jonge haantjes bleek dat een aantal secundaire geslachtskenmerken zich minder ontwikkelde (zie afbeelding 5). De haantjes kregen onder andere een veel kleinere kam en kleinere sporen aan hun poten dan normaal. Bovendien vertoonden ze een ander, minder 'hanig' gedrag. Als je bij zo'n haantje een testis onder de huid op een goed doorbloede plaats inplant, ontwikkelen de secundaire geslachtskenmerken zich normaal. Dit gebeurt ook als je een haantje inspuit met een vloeistof die is verkregen door het fijnwrijven van een testis.
 - a Welke conclusie kun je trekken uit de proeven met gecasteerde hanen?
 - b Als een onderzoeker een gelabeld (radioactief gemerkt) hormoon bij een proefdier inspuit, blijkt na enige tijd dat dit hormoon niet homogeen over het lichaam van het proefdier is verdeeld. De hormonen komen in bepaalde organen in relatief hoge concentraties voor. Welke conclusie kun je hieruit trekken?
- 7 In de eierstok van een vrouw rijpt maandelijks een follikel onder invloed van FSH (follikelstimulerend hormoon). Door de invloed van FSH beginnen meerdere follikels te rijpen. De follikel met de meeste hormoonreceptoren bereikt een voorsprong op de andere. In deze follikel ontstaan in korte tijd nog meer hormoonreceptoren waaraan hormonen kunnen binden. Is dit een voorbeeld van negatieve of van positieve terugkoppeling? Leg je antwoord uit.

HORMOONKLIEREN

Het **hormoonstelsel** bestaat uit een aantal hormoonklieren. In afbeelding 6 is de ligging van enkele belangrijke hormoonklieren aangegeven.

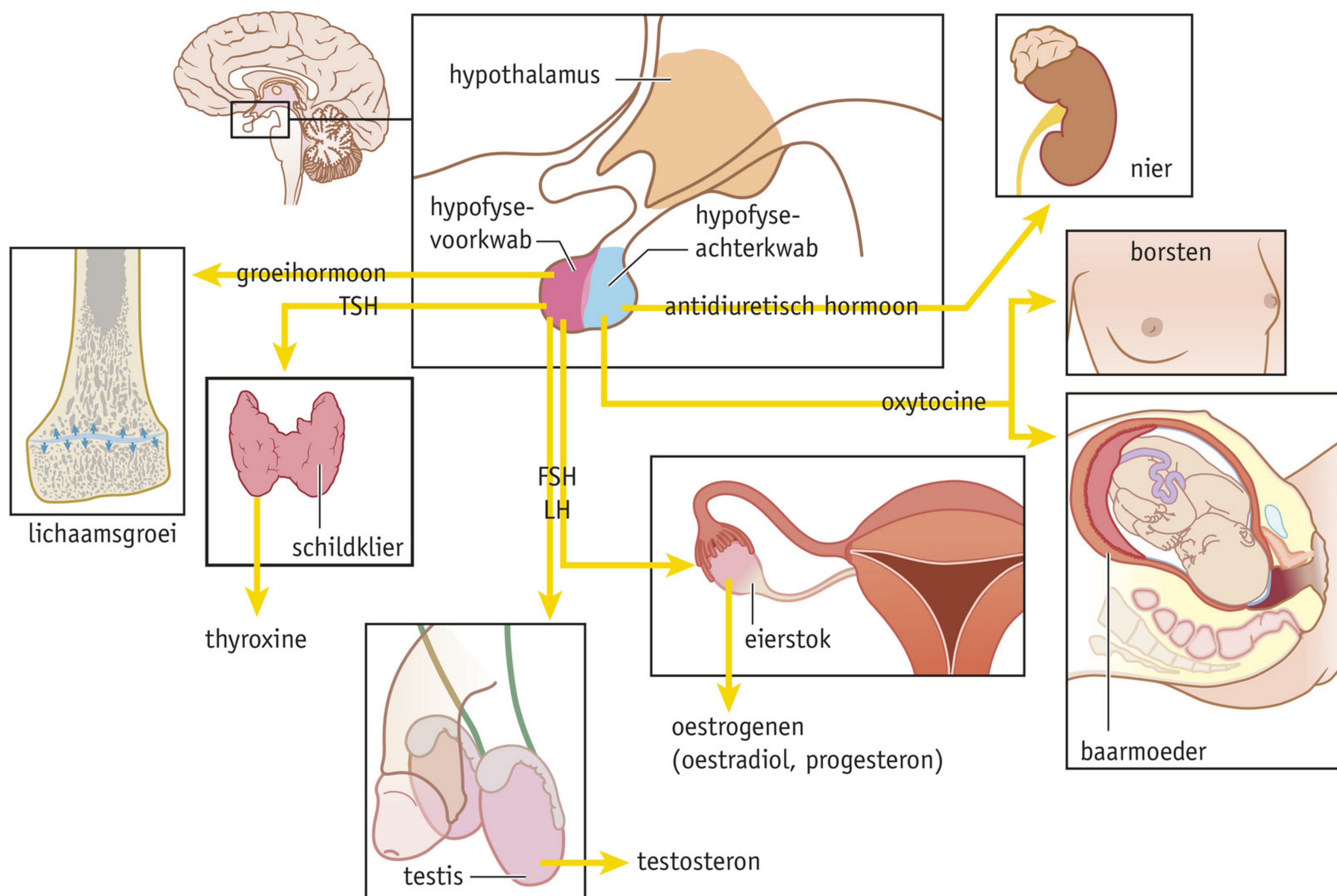
► **Afb. 6** De ligging van enkele hormoonklieren.



DE HYPOFYSE EN DE HYPOTHALAMUS

De **hypofyse** ligt ongeveer in het midden van je hoofd onder je hersenen en bestaat uit de hypofysevoorkwab en de hypofyseachterkwab. De hypofyse produceert verschillende hormonen. Sommige daarvan, zoals thyreoïdstimulerend hormoon (TSH), follikelstimulerend hormoon (FSH) en luteïniserend hormoon (LH), beïnvloeden de werking van andere hormoonklieren (zie afbeelding 7).

▼ **Afb. 7** De ligging van de hypothalamus en de hypofyse en hormonen uit de hypofyse met hun doelwitorganen.



Het gedeelte van de hersenen dat net boven de hypofyse ligt, is de hypothalamus. De **hypothalamus** regelt de secretie van hormonen door de hypofyse. Via de hypothalamus en de hypofyse zijn het zenuwstelsel en het hormoonstelsel met elkaar verbonden.

▼ **Afb. 8** Dwerfgroei en reuzengroei.



HYPOFYSEHORMONEN

De hypofyse produceert onder andere **groeihormoon (GH)**. Dit hormoon regelt de groei en ontwikkeling. In de puberteit stimuleert het groeihormoon de groei van beenderen. Als de hypofyse te veel groeihormoon produceert, kan dat reuzengroei veroorzaken. Produceert de hypofyse te weinig groeihormoon, dan kan dwerfgroei ontstaan (zie afbeelding 8).

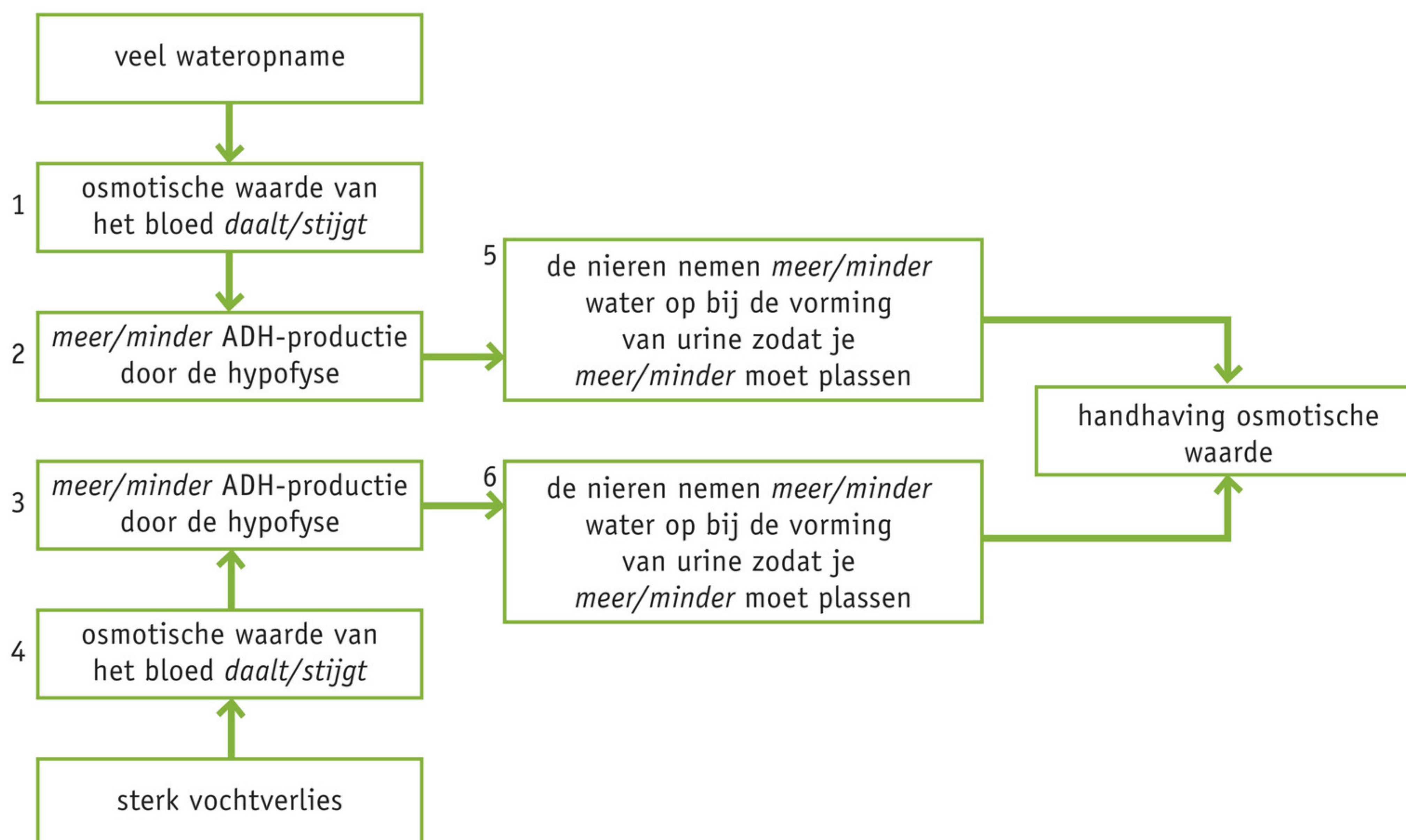
Sommige hormonen uit de hypofyse spelen een belangrijke rol bij de voortplanting. FSH en LH uit de hypofysevoorkwab beïnvloeden de eierstokken en de teelballen. Het vrijkomen van **oxytocine** uit de hypofyseachterkwab stimuleert het ontstaan van weeën aan het einde van de zwangerschap en tijdens de geboorte. Na de geboorte zorgt oxytocine bij het zogen voor de melksecretie uit de melkklieren in de borsten.

Het **antidiuretisch hormoon (ADH)** regelt de resorptie van water in de nieren bij de vorming van urine. Hierdoor kan de hoeveelheid water worden geregeld die de nieren via de urine uitscheiden. De osmotische waarde van het bloed blijft daardoor min of meer constant.

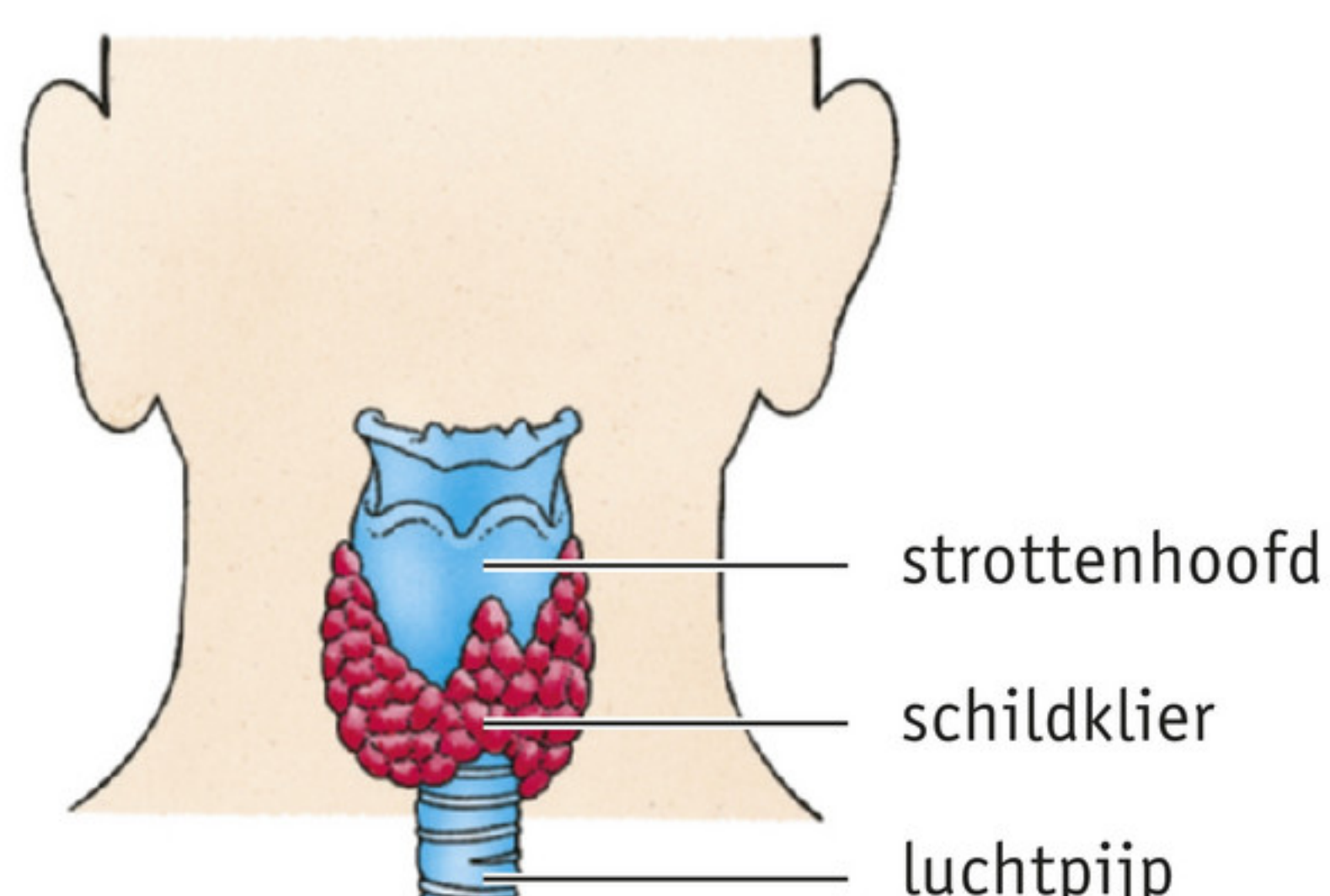
▼ **Afb. 9** Een persoon met acromegalie.



▼ **Afb. 10** De regelkring van ADH.



▼ **Afb. 11** De ligging van de schildklier.



opdrachten

- 8 De hypofyse kun je het 'regelcentrum' van het hormoonstelsel noemen. Leg dit uit.
- 9 Bij acromegalie (zie afbeelding 9) blijft de hypofyse van een persoon groeihormoon produceren. De oorzaak hiervan is meestal een goedaardig gezwel dat zich in de hypofyse heeft ontwikkeld. Een volwassen persoon heeft alleen groeihormoonreceptoren in de weefsels van zijn handen, voeten en gezicht.
Wat zijn de gevolgen van een te hoge productie van groeihormoon bij een volwassen persoon?
- 10 Onder invloed van ADH (antidiuretisch hormoon) uit de hypofyse nemen de nieren water op tijdens de productie van urine zodat het behouden blijft voor het inwendige milieu. Door meer of minder productie van ADH wordt de osmotische waarde van het inwendige milieu gehandhaafd.
 - a Neem het schema van afbeelding 10 over en kies steeds het juiste woord.
 - b Is er bij de ADH-regelkring sprake van negatieve of positieve terugkoppeling? Leg je antwoord uit.

DE SCHILDKLIER

De **schildklier** ligt in de hals, voor het strottenhoofd, tegen de luchtpijp aan (zie afbeelding 11). De schildklier produceert onder andere **thyroxine** (of **schildklierhormoon**). Dit hormoon beïnvloedt de stofwisseling, vooral door de verbranding van glucose te stimuleren. Bij kinderen stimuleert thyroxine ook de groei en ontwikkeling van het beenderstelsel en de ontwikkeling van het centrale zenuwstelsel.

TSH uit de hypofyse stimuleert de secretie van thyroxine en stimuleert de vorming van schildklierweefsel. Jodium is noodzakelijk voor de vorming van thyroxine. Thyroxine remt de productie en secretie van TSH. Als de concentratie van thyroxine in het bloed daalt, neemt de secretie van TSH toe. Door stijging van de TSH-concentratie wordt de secretie van thyroxine gestimuleerd.

Als de schildklier te veel thyroxine produceert, neemt de intensiteit van de stofwisseling toe. Dat kan onder meer leiden tot gewichtsverlies, toename van de eetlust en rusteloosheid. Als de schildklier te weinig thyroxine produceert, neemt de intensiteit van de stofwisseling af. Dat kan leiden tot gewichtstoename en vermoeidheid. Je krijgt het dan ook snel koud. Bij kinderen blijven dan de ontwikkeling van het centrale zenuwstelsel en de lichamelijke ontwikkeling achter. Een te lage productie van thyroxine vanaf de geboorte kan leiden tot dwerggroei. Deze vorm van dwerggroei gaat vaak gepaard met een beperkte geestelijke ontwikkeling.

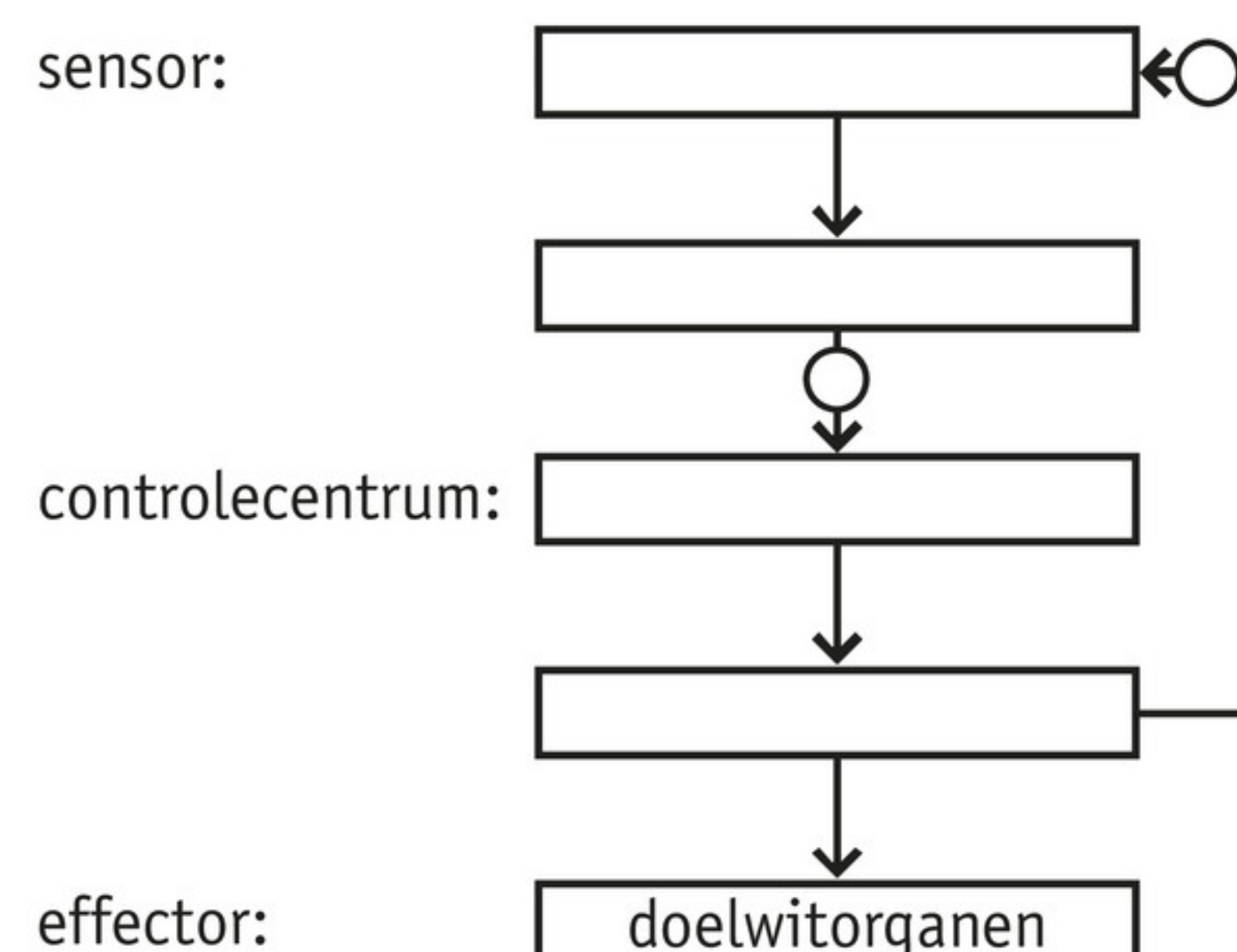
opdrachten

- 11** In de eerste week na de geboorte krijgen baby's in Nederland een hielprik. Het bloed wordt onderzocht op een aantal zeldzame ziekten. Een van deze ziekten is congenitale hypothyreoïdie (CHT). Een kind met CHT maakt te weinig thyroxine aan doordat de schildklier afwezig is of doordat de schildklier niet goed werkt.
- Wat zijn de gevolgen voor een kind als CHT niet wordt behandeld?
 - Welke stof kun je toedienen om CHT te behandelen?
 - Waardoor verloopt de ontwikkeling van een baby met CHT vóór de geboorte normaal?
 - Heeft een kind met CHT veel of weinig TSH in zijn bloed? Leg je antwoord uit.
- 12** Op advies van de Nederlandse Gezondheidsraad gebruiken de meeste bakkers in Nederland bakkerszout bij het bakken van brood. Dit is gewoon keukenzout waaraan een beetje jodium is toegevoegd.
- Leg uit waarom de Nederlandse Gezondheidsraad dit advies geeft.
 - Een struma (krop) is een sterk vergrote schildklier bij een volwassene persoon (zie afbeelding 12). Dit kan het gevolg zijn van een te actieve schildklier, van een te weinig actieve schildklier of van een schildkliertumor. Vroeger werd een struma vaak veroorzaakt doordat er te weinig jodium in het voedsel zat. Hoe kan een struma ontstaan door een tekort aan jodium in het voedsel?
- 13** De TSH-productie kan toenemen als gevolg van een daling van de lichaamstemperatuur. Leg uit wat hiervan het nut is.
- 14** Afbeelding 13 is een schematische tekening van de regelkring van de thyroxineproductie. Daarbij treden terugkoppelingsmechanismen (feedbackmechanismen) op. Neem het schema over en vul het verder in. Kies uit: *hypofyse* – *min* (–) – *plus* (+) – *schildklier* – *thyroxine* – *TSH*.

▼ **Afb. 12** Een struma.



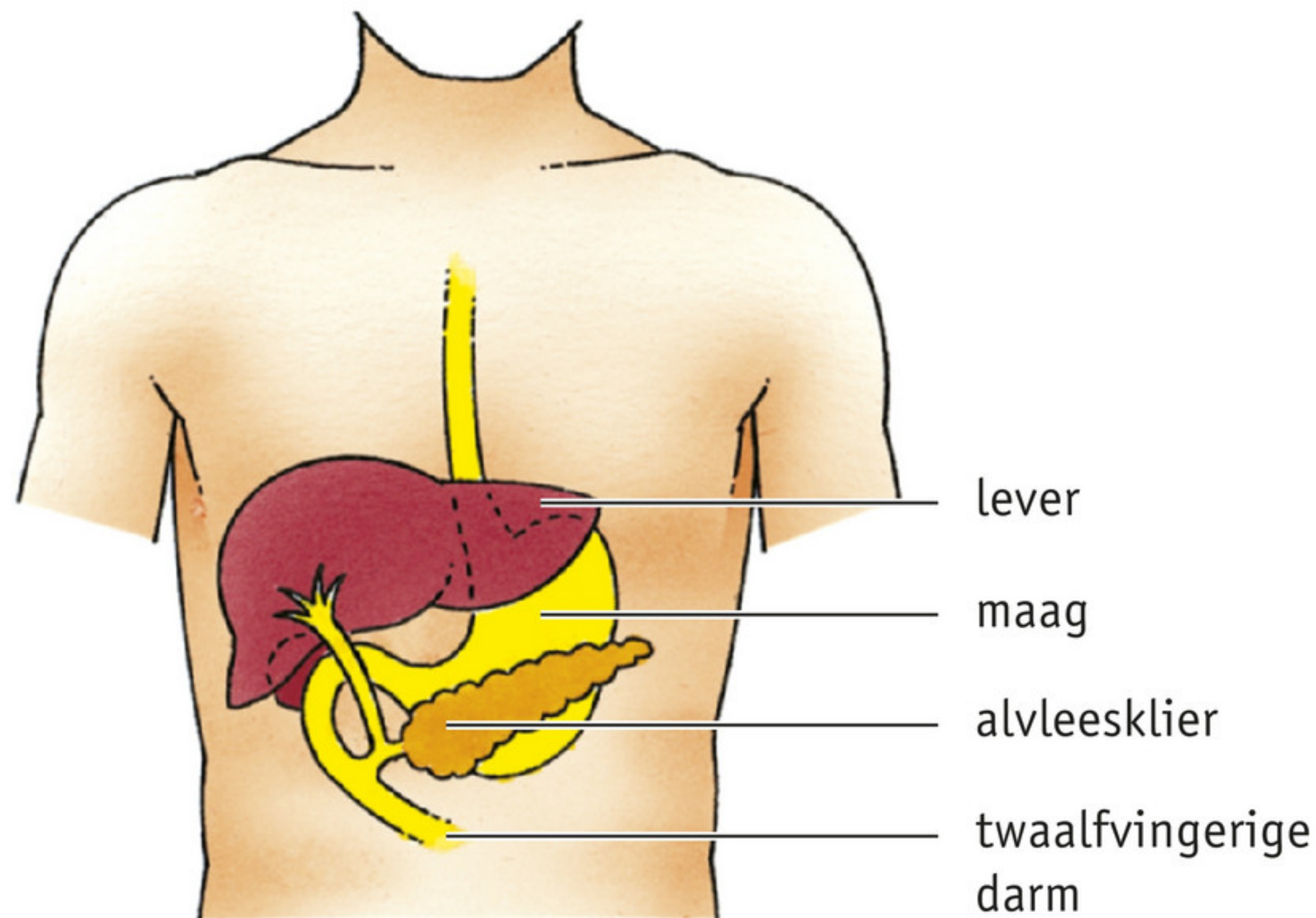
► **Afb. 13** Regeling van de thyroxineconcentratie in het bloed.



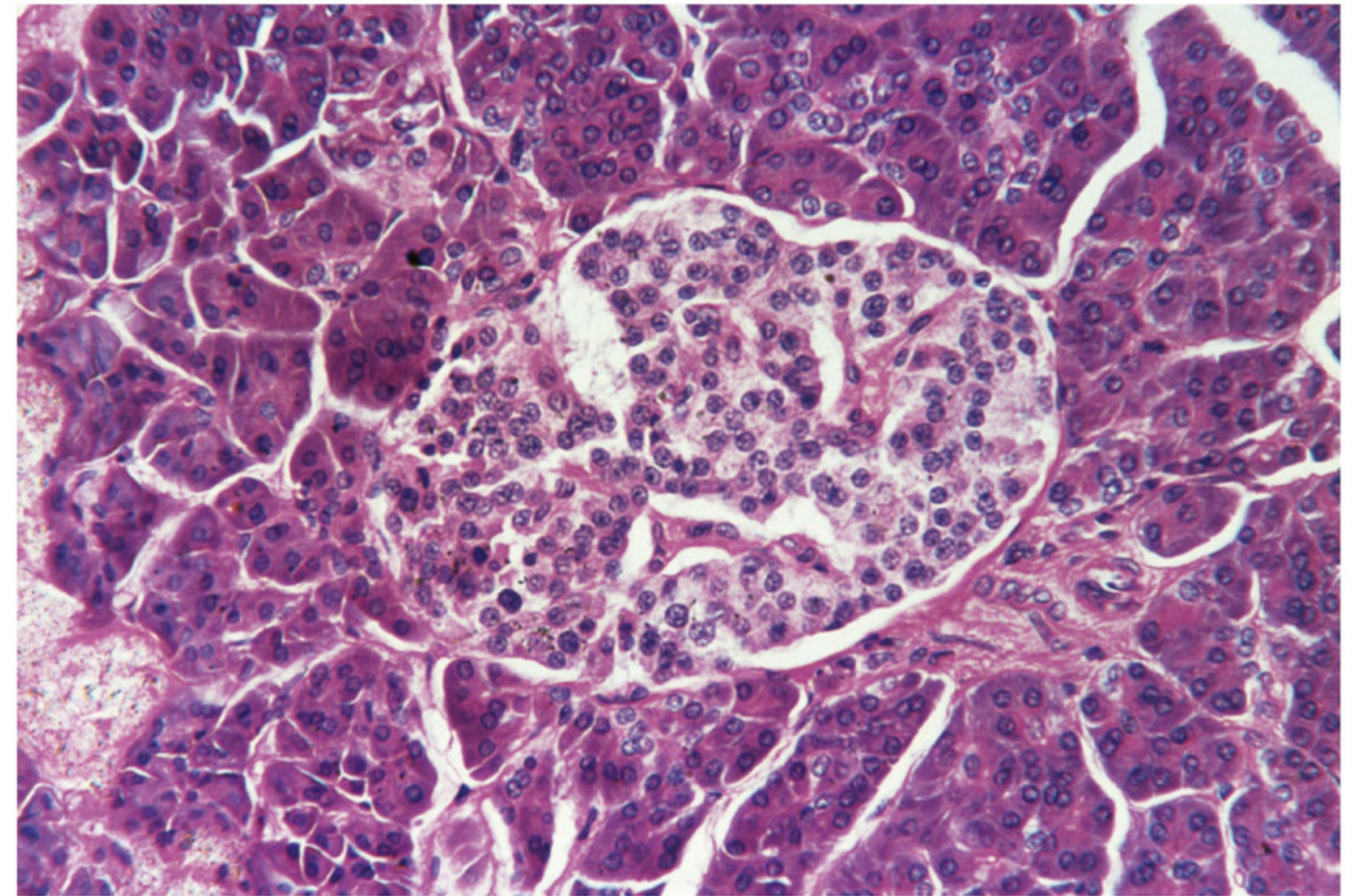
DE EILANDJES VAN LANGERHANS

De alvleesklier heeft als verteringsklier een exocriene functie. De alvleesklier produceert een spijsverteringssap dat wordt afgegeven aan de twaalfvingerige darm (zie afbeelding 14.1). Verspreid tussen de cellen van de alvleesklier liggen groepjes cellen met een endocriene functie: de **eilandjes van Langerhans** (zie afbeelding 14.2). Ze produceren de hormonen **insuline** en **glucagon**. Deze hormonen zorgen ervoor dat de glucoseconcentratie van het bloed min of meer constant blijft.

▼ Afb. 14 De alvleesklier.



1 de ligging van de alvleesklier



2 een eilandje van Langerhans (vergroting 500x)

De glucoseconcentratie in het bloed noem je ook wel de **bloedsuikerspiegel**. De glucoseconcentratie wordt bij een gezonde persoon gehandhaafd tussen de 4,0 en de 8,0 mmol/L. De normwaarde is 5,0 mmol/L (0,9 g/L).

In je voedsel komen vrijwel altijd koolhydraten voor. Koolhydraten worden in het darmkanaal verteerd, vooral tot glucose. Glucose wordt in de dunne darm opgenomen in het bloed. De glucoseconcentratie in het bloed zal daardoor boven de normwaarde van 5,0 mmol/L stijgen. Cellen in de eilandjes van Langerhans gaan dan meer insuline produceren. Insuline stimuleert de cellen in het lichaam om meer glucose op te nemen uit het bloed. Cellen in de lever en in spieren zetten de glucose om in **glycogeen**. Glycogeen wordt in deze cellen opgeslagen. De glucoseconcentratie in het bloed zal hierdoor dalen.

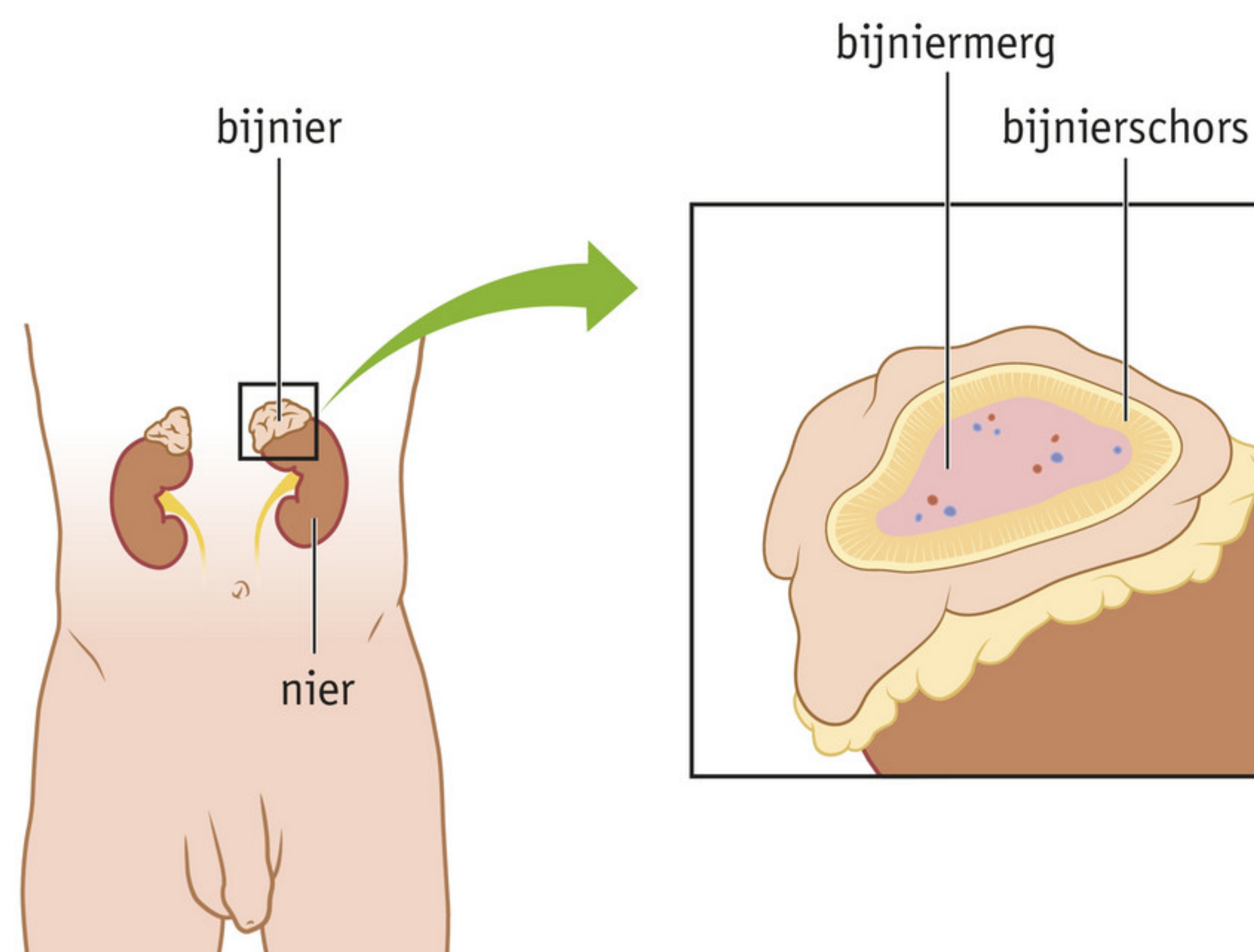
Als je een tijdje niet hebt gegeten, kan de glucoseconcentratie in je bloed beneden de normwaarde van 5,0 mmol/L zakken. De cellen in de eilandjes van Langerhans produceren dan glucagon. Dit stimuleert in de lever en in spieren de omzetting van glycogeen in glucose en bevordert de afgifte van glucose aan het bloed. Doordat glucose wordt afgegeven aan het bloed, stijgt de glucoseconcentratie in het bloed.

DE NIEREN EN DE BIJNIEREN

De nieren produceren het hormoon **epo** (erytropoëetine) wanneer ze onvoldoende zuurstof krijgen aangevoerd. Dit hormoon stimuleert de productie van rode bloedcellen in het rode beenmerg. Rode bloedcellen vervoeren zuurstof. Als de zuurstofvoorziening van de nieren hierdoor weer is toegenomen tot de normwaarde, wordt de productie van epo geremd.

De **bijnieren** liggen als kapjes boven op de nieren. Een bijnier bestaat uit bijnierschors en bijniermerg (zie afbeelding 15). Bij een stressreactie produceert het bijniermerg adrenaline. **Adrenaline** is een hormoon met een snelle, kortdurende werking en bevordert de stofwisseling. Onder invloed van adrenaline zetten cellen in de lever en in de spieren glycogeen om in glucose. Hierdoor stijgt de glucoseconcentratie in het bloed. Ook gaat je hart sneller kloppen, je gaat sneller ademen en de bloedvaten naar de spieren en de hersenen verwijden zich. Organen die niet belangrijk zijn voor een snelle reactie worden geremd, zoals de organen van het verteringsstelsel. Zo stelt adrenaline het lichaam in staat om in stressvolle situaties alert te zijn en snel te kunnen handelen. Bijvoorbeeld wanneer je woedend of angstig bent, wanneer je ergens enorm van schrikt of wanneer je situaties als belastend ervaart.

► **Afb. 15** De ligging van de bijnieren.

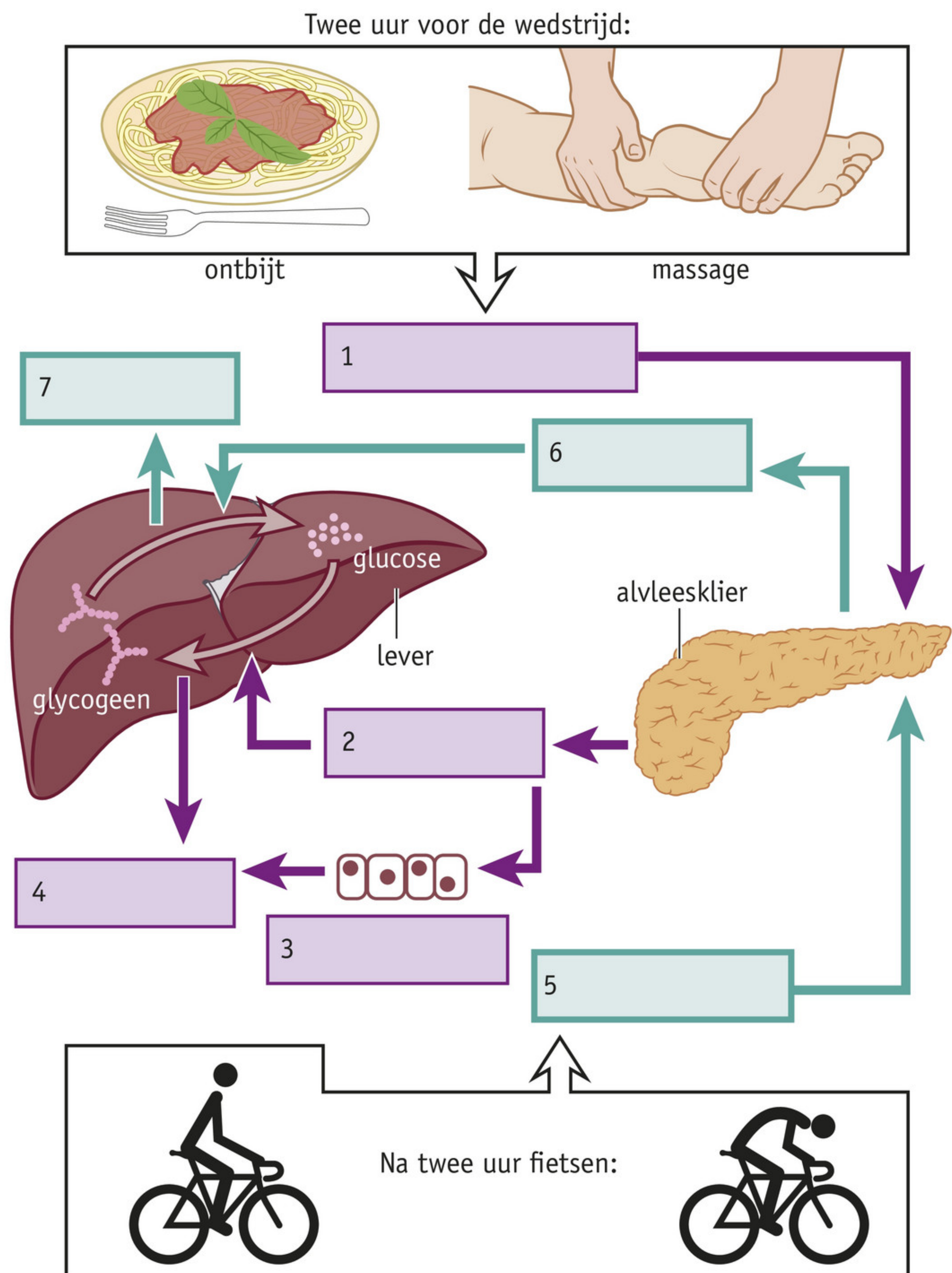


opdrachten

- 15 Op een hoogte van bijvoorbeeld duizend meter bevat lucht veel minder zuurstof dan op zeeniveau.
Je gaat op vakantie naar een dorp dat op deze hoogte ligt.
Welk effect heeft dit op de productie van epo? Leg je antwoord uit.
- 16 Het menu van een wielrenner die deelneemt aan de Tour de France is zorgvuldig samengesteld. Het bestaat voor ongeveer 70% uit voedingsmiddelen die veel koolhydraten bevatten zoals aardappelen, rijst, pasta, cornflakes, volkorenbrood, fruit en groenten.
Een wielrenner begint zijn dag twee of drie uur voor de start van een wedstrijd met een uitgebreid koolhydraatrijk ontbijt, zoals een bord spaghetti. Dat is voor zo'n zware sportinspanning het meest ideaal. De wielrenner zal dan niet snel honger krijgen en zijn lichaam heeft voldoende tijd om het eten te verteren.
 - a Bevat je bloed na het eten van een bord spaghetti veel insuline of veel glucagon? Leg je antwoord uit.
 - b Hoe zorgt insuline ervoor dat de glucoseconcentratie in het bloed na het eten van een bord spaghetti weer daalt tot de normwaarde?
 - c Na twee uur fietsen daalt de bloedsuikerspiegel van de wielrenner. Bevat zijn bloed dan veel insuline of veel glucagon? Leg je antwoord uit.

- d** Afbeelding 16 is een regelkring van de glucoseconcentratie in het bloed bij een wielrenner.
- Noteer de cijfers 1 tot en met 7 onder elkaar en noteer achter elk nummer het juiste onderdeel van de regelkring. Kies uit: *bloedsuikerspiegel daalt – bloedsuikerspiegel stijgt – glucagon – hoge glucoseconcentratie – insuline – lage glucoseconcentratie – stimuleert de cellen om meer glucose op te nemen.*

► **Afb. 16** De regelkring van de glucoseconcentratie in het bloed bij een wielrenner.

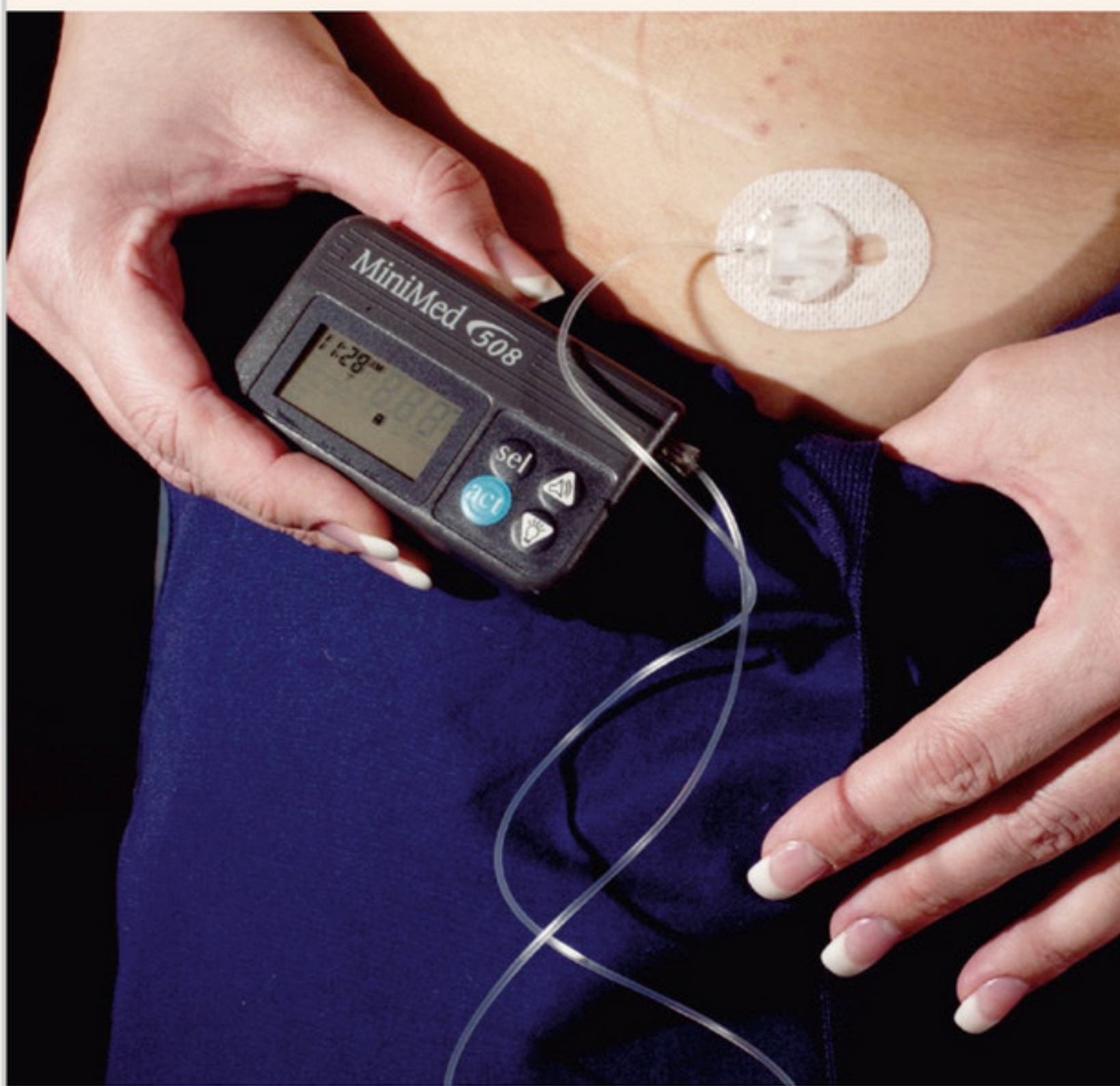


- 17** Adrenaline noem je in het Engels het ‘fight-or-flight’-hormoon.
- a** Leg dat uit.
 - b** Hormonen reguleren geleidelijke veranderingen en de effecten houden vaak lang aan.
Geldt dit ook voor adrenaline? Leg je antwoord uit.
 - c** Wanneer je sport, komt adrenaline ook in verhoogde concentratie in je bloed voor.
Welk effect heeft adrenaline op je hartslagfrequentie? En op je ademfrequentie? En op je spijsvertering?

Diabetes mellitus

Lisa heeft altijd dorst en drinkt veel waardoor ze tijdens de lessen vaak naar het toilet moet. Ook is ze regelmatig moe en heeft ze last van blaasontstekingen. Als ze wazig gaat zien, besluit ze naar haar huisarts te gaan. De huisarts meet met een bloedglucosemeter de glucoseconcentratie in haar bloed en constateert dat Lisa diabetes mellitus (suikerziekte) heeft. Haar lichaam kan de normwaarde voor de glucoseconcentratie niet handhaven.

▼ **Afb. 17** Een insulinepomp.



Er is sprake van diabetes mellitus wanneer bij een persoon die niets heeft gegeten of gedronken (nuchter) de glucoseconcentratie een waarde bereikt boven de 7,0 mmol/L. Bij een niet-nuchtere persoon is de bovengrens 11,0 mmol/L. Bij overschrijding van deze waarde wordt glucose met de urine uitgescheiden.

Er bestaan verschillende vormen van diabetes waarvan diabetes type 1 en diabetes type 2 het meest voorkomen. Bij diabetes type 1 produceert de patiënt geen insuline. Hij moet meerdere malen per dag de bloedsuikerspiegel controleren en insuline inspuiten. Een insulinepomp kan deze rol overnemen (zie afbeelding 17). Ongeveer 90% van de diabetespatiënten heeft diabetes type 2. Bij dit type produceert de patiënt te weinig insuline of bevinden zich in de celmembranen minder of onwerkzame insulinerceptoren waardoor de cellen te weinig glucose opnemen uit het bloed. Diabetes type 2 kun je behandelen met medicijnen maar uiteindelijk moeten veel patiënten met diabetes type 2 insuline gaan spuiten.

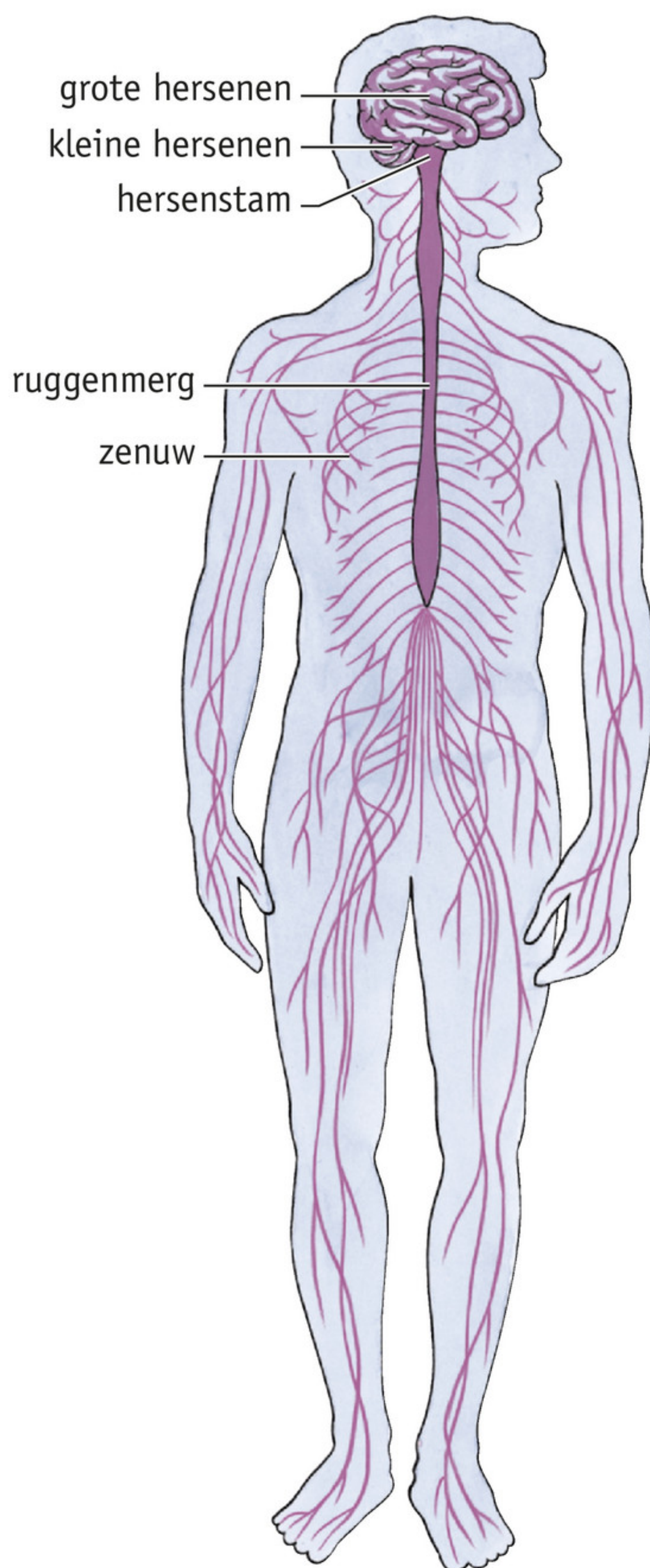
opdracht

- 18** Een niet-nuchtere persoon heeft een bloedglucoseconcentratie van 7,2 mmol/L.
- Kan er bij deze persoon sprake zijn van diabetes mellitus? Leg je antwoord uit.
 - Waardoor is iemand met diabetes type 2 snel moe?
 - Na een insuline-injectie kan een patiënt met diabetes mellitus flauwvallen (hypoglycemische shock of hypo). Hoe is dit mogelijk?
 - Wat kunnen gevolgen van diabetes zijn op lange termijn? Gebruik bij het beantwoorden van deze vraag informatie op internet.

Leerdoelen

- Je kunt de bouw en signaalverwerking van de verschillende typen zenuwcellen beschrijven.
- Je kunt de bouw, functies en werking van het zenuwstelsel beschrijven.

▼ **Afb. 18** Het zenuwstelsel (schematisch).



3 Het zenuwstelsel

Twee specialismen bestuderen het brein: de neurologie en de psychiatrie. Deze tweedeling is ontstaan doordat wetenschappers niet konden geloven dat het brein verantwoordelijk is voor beweging, waarneming en pijnbeleving én voor emoties, persoonlijkheid, humor en sociale vaardigheden.

DE WERKING VAN HET ZENUWSTELSEL

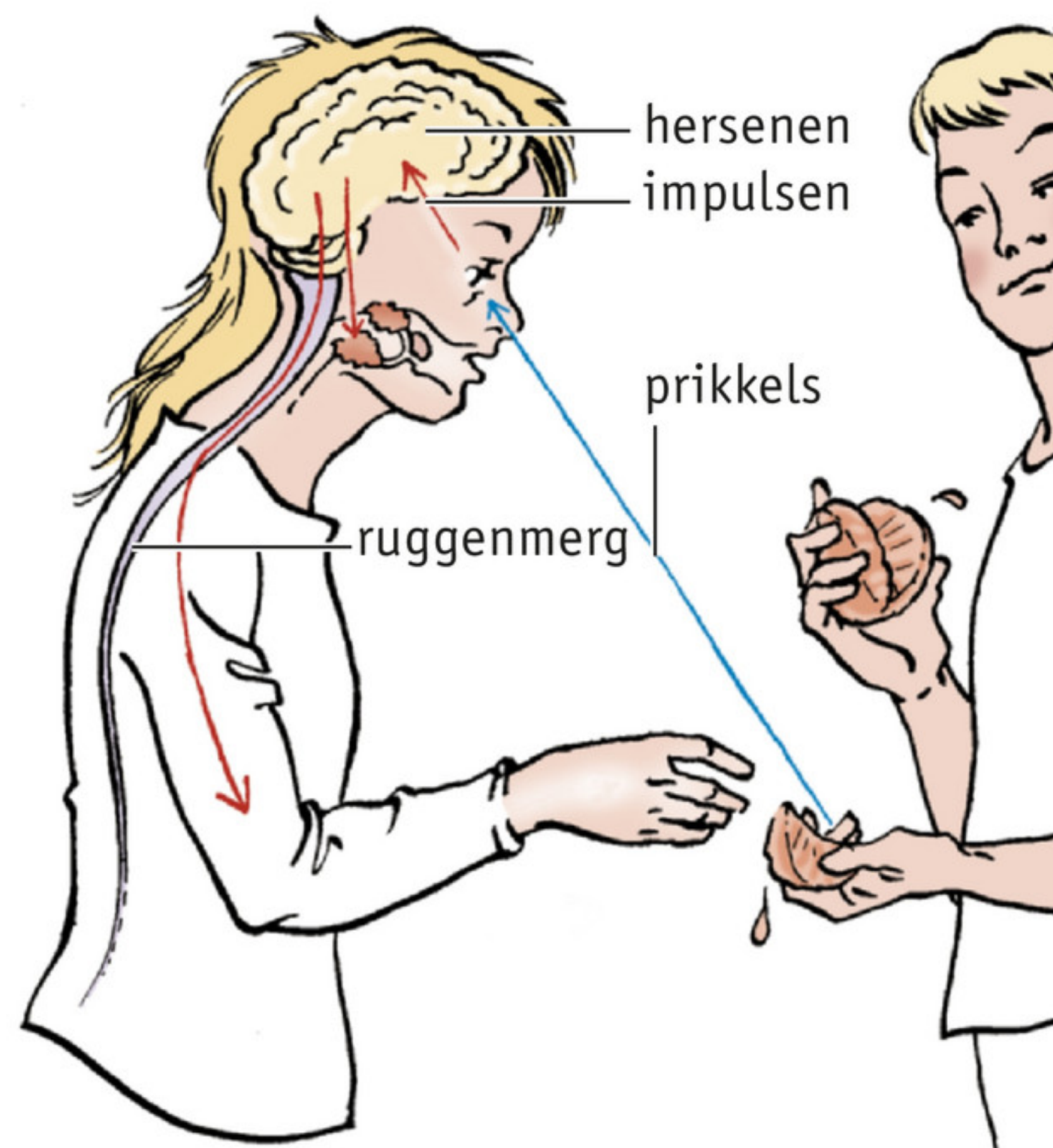
Het **zenuwstelsel** bestaat uit het centrale zenuwstelsel en het perifere zenuwstelsel. De grote hersenen, de kleine hersenen, de hersenstam en het ruggenmerg vormen samen het **centrale zenuwstelsel**. Het **perifere zenuwstelsel** bestaat uit zenuwen die alle delen van het lichaam verbinden met het centrale zenuwstelsel (zie afbeelding 18).

Deze indeling is gebaseerd op de bouw van het zenuwstelsel. Je kunt het zenuwstelsel ook indelen op grond van de functie. Daarbij kun je onderscheid maken tussen het animale zenuwstelsel en het autonome of vegetatieve zenuwstelsel. Het **animale zenuwstelsel** regelt vooral de bewuste reacties en de houding en beweging van het lichaam. Het **autonome zenuwstelsel (vegetatieve zenuwstelsel)** regelt vooral de werking van inwendige organen. Het regelt bijvoorbeeld de hartslagfrequentie, de ademhalingsfrequentie, de werking van de spijsverteringsorganen en de nieren, en de verwijding of vernauwing van de bloedvaten. Het autonome zenuwstelsel regelt onbewuste reacties of processen.

PRIKKELS EN IMPULSEN

Het zenuwstelsel speelt een belangrijke rol bij het tot stand komen van gedrag. Wanneer een klasgenoot bijvoorbeeld een sinaasappel pelt, zie en ruik je de sinaasappel. Je krijgt zin in een stukje sinaasappel en begint te watertanden. Je klasgenoot geeft je een stukje, je pakt het aan en stopt het in je mond. In afbeelding 19 is schematisch weergegeven welke processen daarbij in je lichaam plaatsvinden.

▼ **Afb. 19** De werking van het zenuwstelsel (schematisch).



Zintuigcellen in je ogen vangen lichtstralen op, afkomstig van de sinaasappel. Zintuigcellen in je neus nemen de geur van de sinaasappel waar. Lichtstralen en geuren zijn voorbeelden van prikkels. Een **prikkel** is een invloed uit het milieu op een organisme. Onder invloed van prikkels ontstaan in zintuigcellen impulsen. **Impulsen** zijn een soort elektrische signalen. De impulsen die in de zintuigcellen in je ogen en in je neus ontstaan, worden door zenuwen naar je hersenen geleid. Daar worden de impulsen verwerkt. De hersenen reageren door impulsen af te geven. Deze worden door zenuwen naar je speekselklieren en naar bepaalde spieren in je arm geleid. Je speekselklieren reageren op de impulsen door speeksel af te scheiden, waardoor je gaat watertanden. Spieren in je arm reageren op de impulsen door samen te trekken, waardoor je het stukje sinaasappel kunt aanpakken en in je mond kunt stoppen.

Zintuigcellen noem je **receptoren** (ontvangers). Ze vangen prikkels op uit het milieu en zetten deze om in impulsen. Zenuwcellen geleiden impulsen en noem je daarom **conductoren** (geleiders). Spieren reageren op impulsen door samen te trekken of te ontspannen. Klieren reageren op impulsen door stoffen af te scheiden. Spiercellen en kliercellen zijn **effectoren** (uitvoerders).

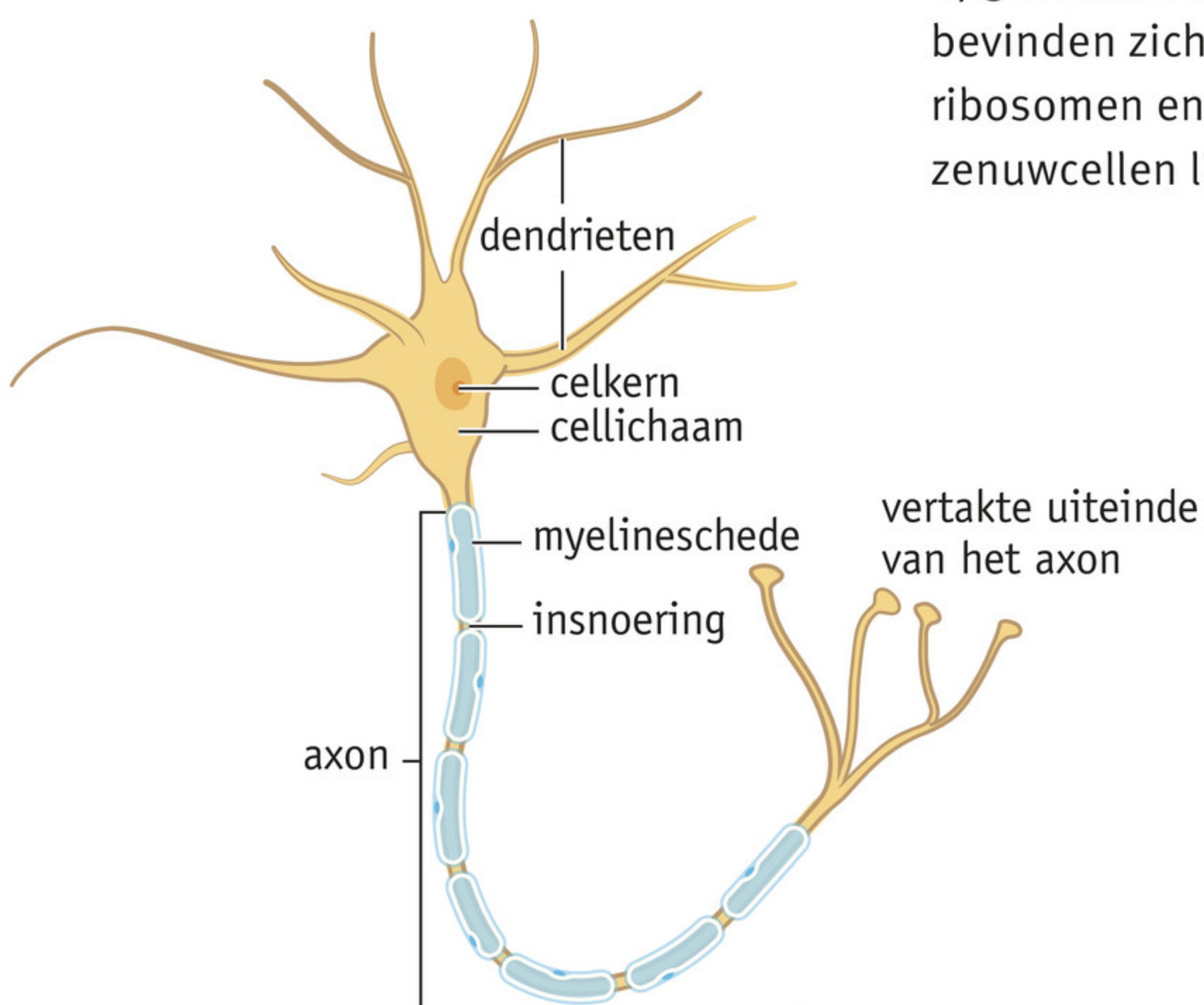
ZENUWCELLEN

Zenuwweefsel bevat **zenuwcellen (neuronen)**. Zenuwcellen geleiden impulsen en geven signaalmoleculen af die je **neurotransmitters** noemt. Een zenuwcel is opgebouwd uit een cellichaam met uitlopers (zie afbeelding 20). In het cellichaam bevinden zich de kern en het grootste deel van het cytoplasma met mitochondriën, ribosomen en endoplasmatisch reticulum. De cellichamen van vrijwel alle zenuwcellen liggen in of vlak bij het centrale zenuwstelsel.

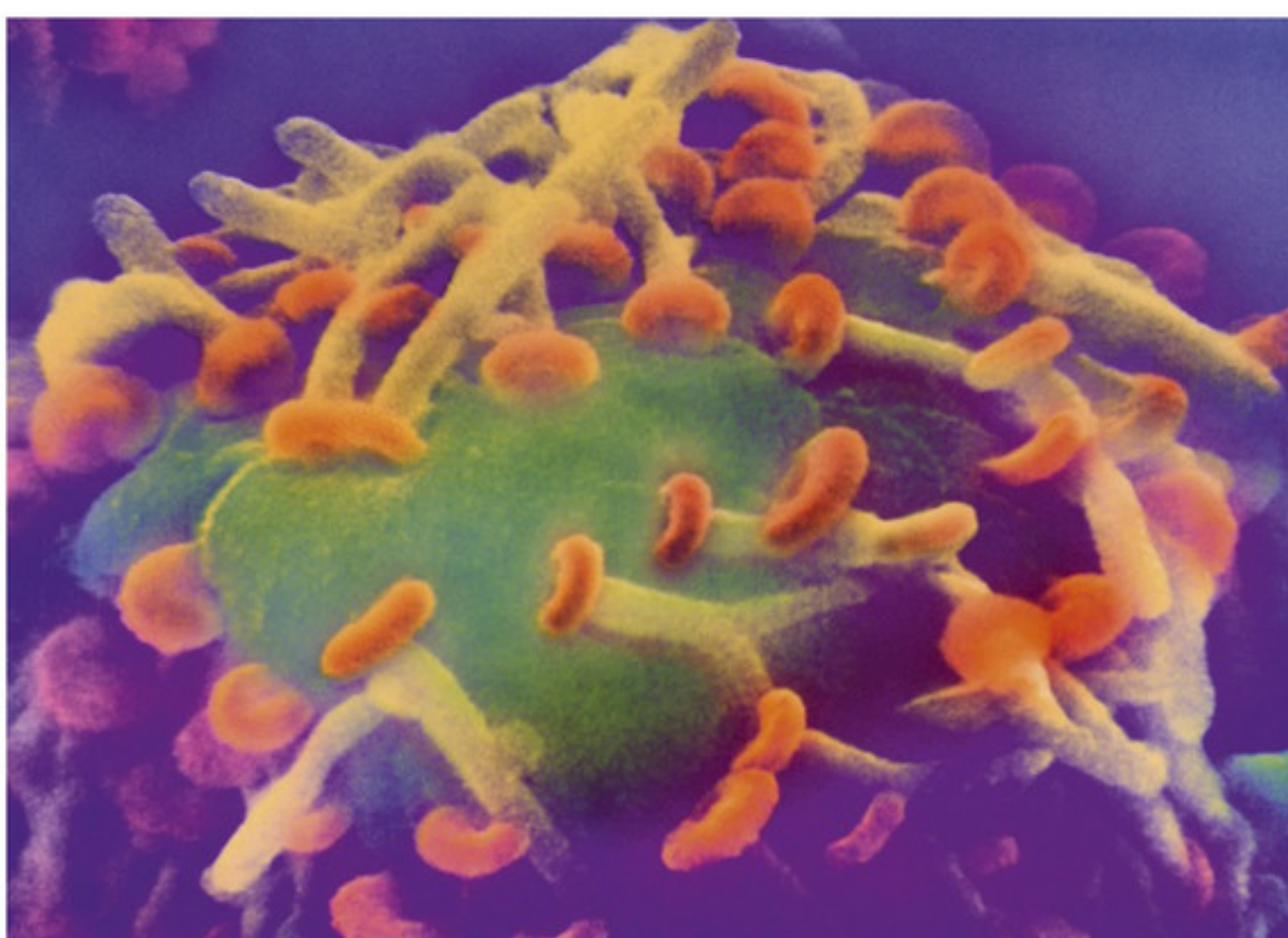
Zenuwcellen kunnen impulsen ontvangen en doorgeven. Een uitloper die impulsen ontvangt en naar het cellichaam toe geleidt, heet een **dendriet**. Een uitloper die impulsen van het cellichaam af geleidt, heet een **axon**. De uiteinden van dendrieten en axonen zijn meestal sterk vertakt. Hierdoor kan een zenuwcel contact hebben met veel andere cellen. Veel axonen zijn omgeven door een myelineschede. Een **myelineschede** bestaat uit **cellen van Schwann**. Tussen twee opeenvolgende cellen van Schwann zit een kleine onderbreking: een insnoering. Een uitloper zonder myelineschede noem je ongemyleiniseerd.

De vertakkingen van een axon eindigen in **synapsen** (zie afbeelding 21). Dat zijn plaatsen waar de impulsoverdracht plaatsvindt: een impuls wordt van de ene cel naar de andere cel doorgegeven. Een synaps is een spleet tussen het uiteinde van een axon van een zenuwcel en een doelwitcel. Dat kan een andere zenuwcel, een spiercel, een endocriene cel of een exocriene cel zijn. Wanneer een impuls aankomt in het uiteinde van een axon, versmelten blaasjes met neurotransmitters in het uiteinde van dit axon met het celmembraan. Hierdoor komt de inhoud vrij in de synaptische spleet (zie afbeelding 22). De neurotransmitters binden vervolgens aan receptoren in het membraan van de doelwitcel en kunnen daardoor in die cel een reactie op gang brengen of stoppen. Door de binding aan de receptoren kunnen bijvoorbeeld impulsen aan een andere zenuwcel worden doorgegeven. Hierna laten de neurotransmitters los en worden ze weer door het axon opgenomen of door enzymen in de synaptische spleet afgebroken.

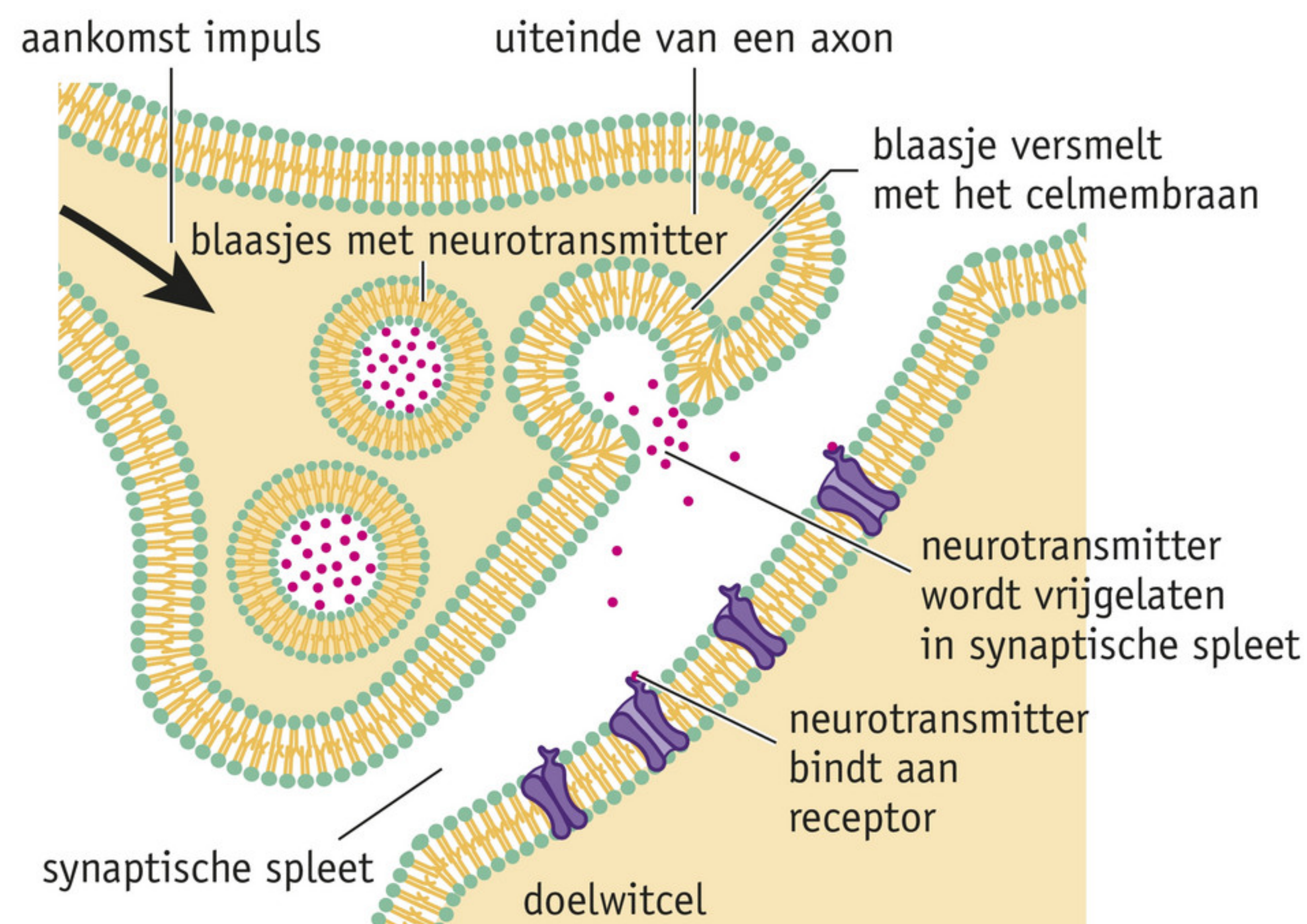
▼ **Afb. 20** Een zenuwcel (schematisch).



▼ **Afb. 21** Een foto van een cel met uiteinden van axonen (SEM, vergroting 6000×).



► **Afb. 22** Impulsoverdracht in een synaps (schematisch).



Communicatie via zenuwcellen is snel en doelgericht, doordat de impulsen snel geleiden via uitlopers en er neurotransmitters vrijkomen bij de doelwitcel. Zo kan bijvoorbeeld het samentrekken van vele spiercellen tegelijkertijd worden gecoördineerd om een gerichte, snelle beweging mogelijk te maken.

opdrachten

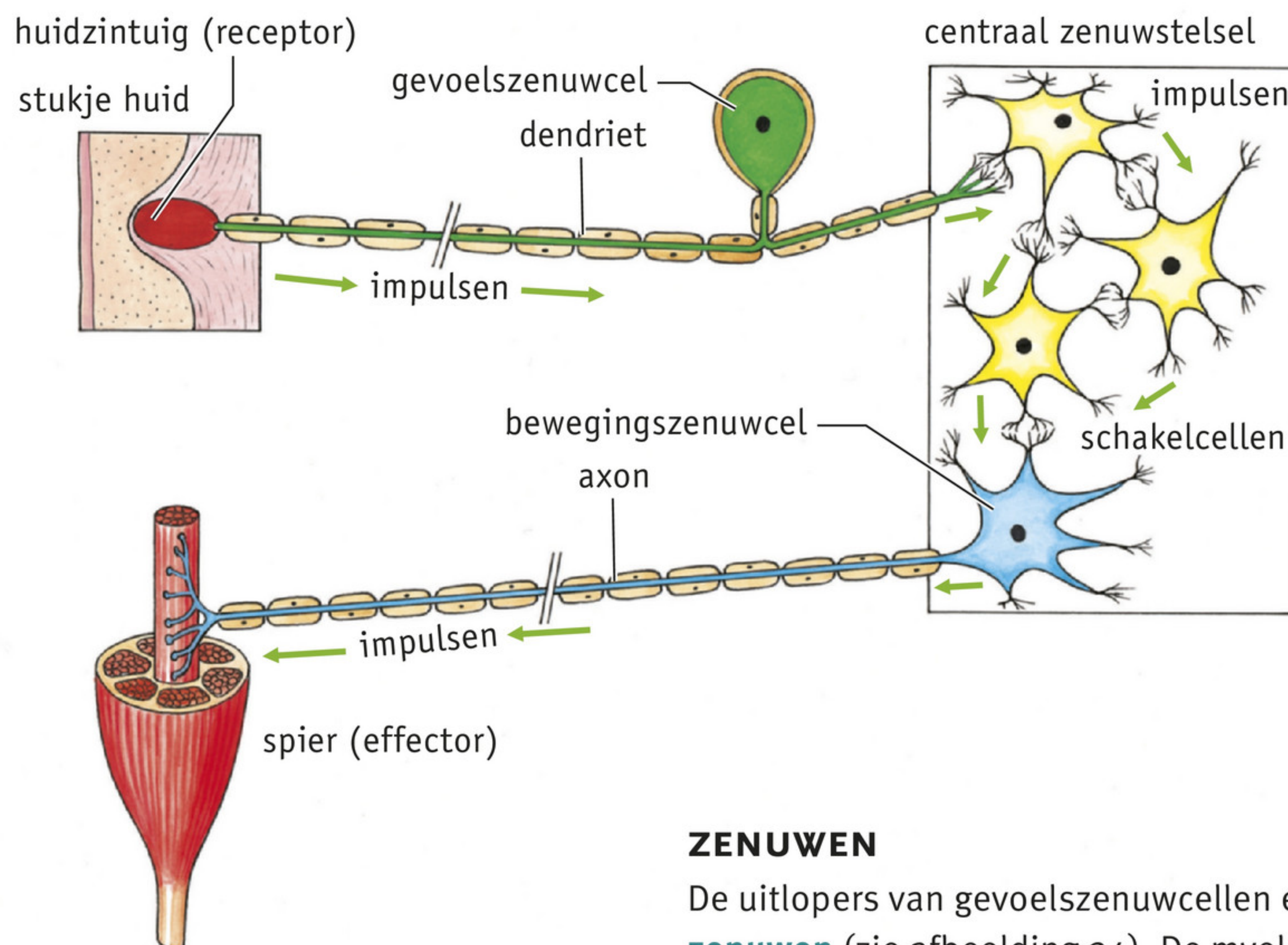
- 19 Een zenuwcel bestaat uit verschillende delen.
 - a Welke uitlopers geleiden impulsen naar het cellichaam toe? En welke uitlopers geleiden impulsen van het cellichaam af? Gebruik bij deze opdracht je *BiNaS* (tabel 88A).
 - b Waardoor kunnen impulsen in synapsen maar in één richting worden doorgegeven?
- 20 Hormonen en neurotransmitters zijn signaalmoleculen. Welke van deze signaalmoleculen zijn het meest geschikt om snelle bewegingen te coördineren? Leg je antwoord uit.
- 21 Maak een schema waarin je het hormoonstelsel vergelijkt met het zenuwstelsel. Maak daarbij de volgende zinnen af:
 - 1 De signaalmoleculen die worden gebruikt zijn ...
 - 2 De signaalmoleculen komen uit ...
 - 3 De signaalmoleculen bereiken de receptoren van de doelwitcellen via ...
 - 4 De vorm van regeling is vooral geschikt voor ...

TYPEN ZENUWCELLEN

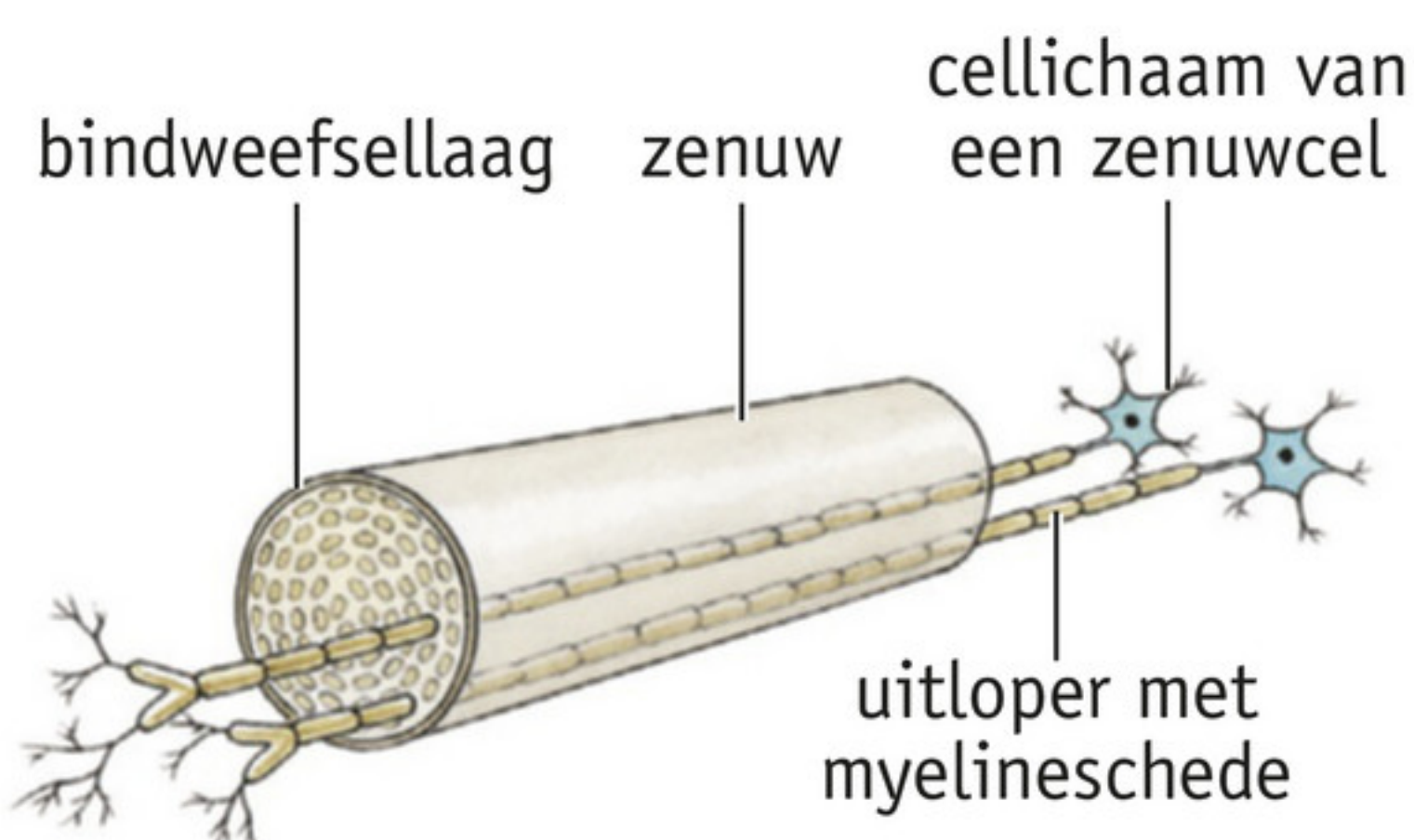
Je kunt drie typen zenuwcellen onderscheiden: gevoelszenuwcellen, schakelcellen en bewegingszenuwcellen (zie afbeelding 23).

Gevoelszenuwcellen (sensorische zenuwcellen) geleiden impulsen van receptoren naar het centrale zenuwstelsel. De cellichamen van de meeste gevoelszenuwcellen liggen vlak bij het centrale zenuwstelsel. Een gevoelszenuwcel heeft één lange dendriet en één kort axon. Soms is de dendriet wel een meter lang. **Schakelcellen** geleiden impulsen binnen het centrale zenuwstelsel. Schakelcellen kunnen impulsen ontvangen van gevoelszenuwcellen en deze doorgeven aan bewegingszenuwcellen. Ze kunnen ook impulsen ontvangen van andere schakelcellen of impulsen doorgeven aan andere schakelcellen. Schakelcellen liggen geheel binnen het centrale zenuwstelsel.

▼ **Afb. 23** Typen zenuwcellen (schematisch).



▼ **Afb. 24** Een zenuw met enkele zenuwcellen (schematisch).



▼ **Afb. 25** Campagneposter
Stichting ALS Nederland.



Bewegingszenuwcellen (motorische zenuwcellen) geleiden impulsen van het centrale zenuwstelsel naar spieren en klieren. De cellichamen van de meeste bewegingszenuwcellen liggen in het centrale zenuwstelsel. Een bewegingszenuwcel heeft meerdere korte dendrieten en één lang axon naar de effector.

ZENUWEN

De uitlopers van gevoelszenuwcellen en bewegingszenuwcellen liggen bij elkaar in **zenuwen** (zie afbeelding 24). De myelineschede isoleert axonen (uitlopers) in een zenuw van elkaar. Om een zenuw heen ligt een laag bindweefsel. Deze laag zorgt voor bescherming.

Er zijn drie typen zenuwen: gevoelszenuwen, bewegingszenuwen en gemengde zenuwen. Een gevoelszenuw bevat alleen uitlopers van gevoelszenuwcellen. Een voorbeeld van gevoelszenuwen zijn de oogzenuwen.

Een bewegingszenuw bevat alleen uitlopers van bewegingszenuwcellen.

Een gemengde zenuw bevat zowel uitlopers van gevoelszenuwcellen als van bewegingszenuwcellen. De meeste zenuwen zijn gemengde zenuwen. Voorbeelden van gemengde zenuwen zijn de zenuwen die armen of benen verbinden met het ruggenmerg.

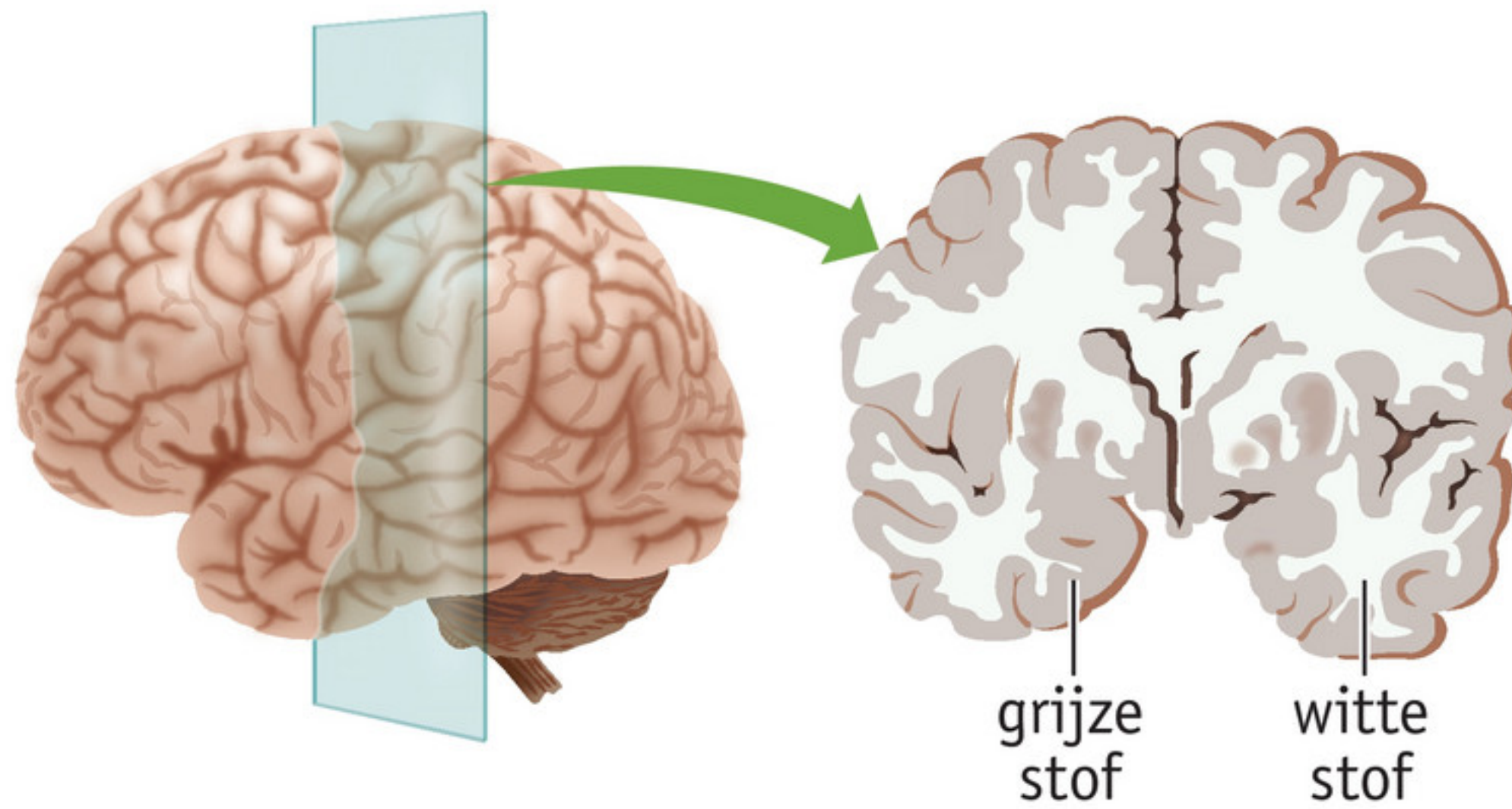
opdrachten

- 22** Door aantasting van de myelineschede kunnen impulsen ‘weglekken’.
- a** Wat is de functie van de myelineschede om een uitloper (axon) van een zenuwcel?
 - b** Komen er in een zenuw die het ruggenmerg met een onderarm verbindt, uitlopers van gevoelszenuwcellen voor? En uitlopers van bewegingszenuwcellen?
 - c** In welke richting geleidt een gevoelszenuw impulsen?
- 23** ALS (amyotrofische laterale sclerose) is een ziekte waarbij zenuwcellen in het ruggenmerg en de hersenstam afsterven. ALS ken je misschien van de ‘Ice Bucket Challenge’ of van de posters (zie afbeelding 25). Door de ziekte functioneren spieren onvoldoende. Steeds meer spieren worden aangetast, behalve de spieren van het hart, de blaas en de darmen. Het uitvallen van de ademhalingsspieren is meestal de oorzaak van het overlijden van een patiënt. De oorzaak van ALS is niet bekend.
- Welke zenuwcellen sterven af bij ALS? Leg je antwoord uit.

DE HERSENEN

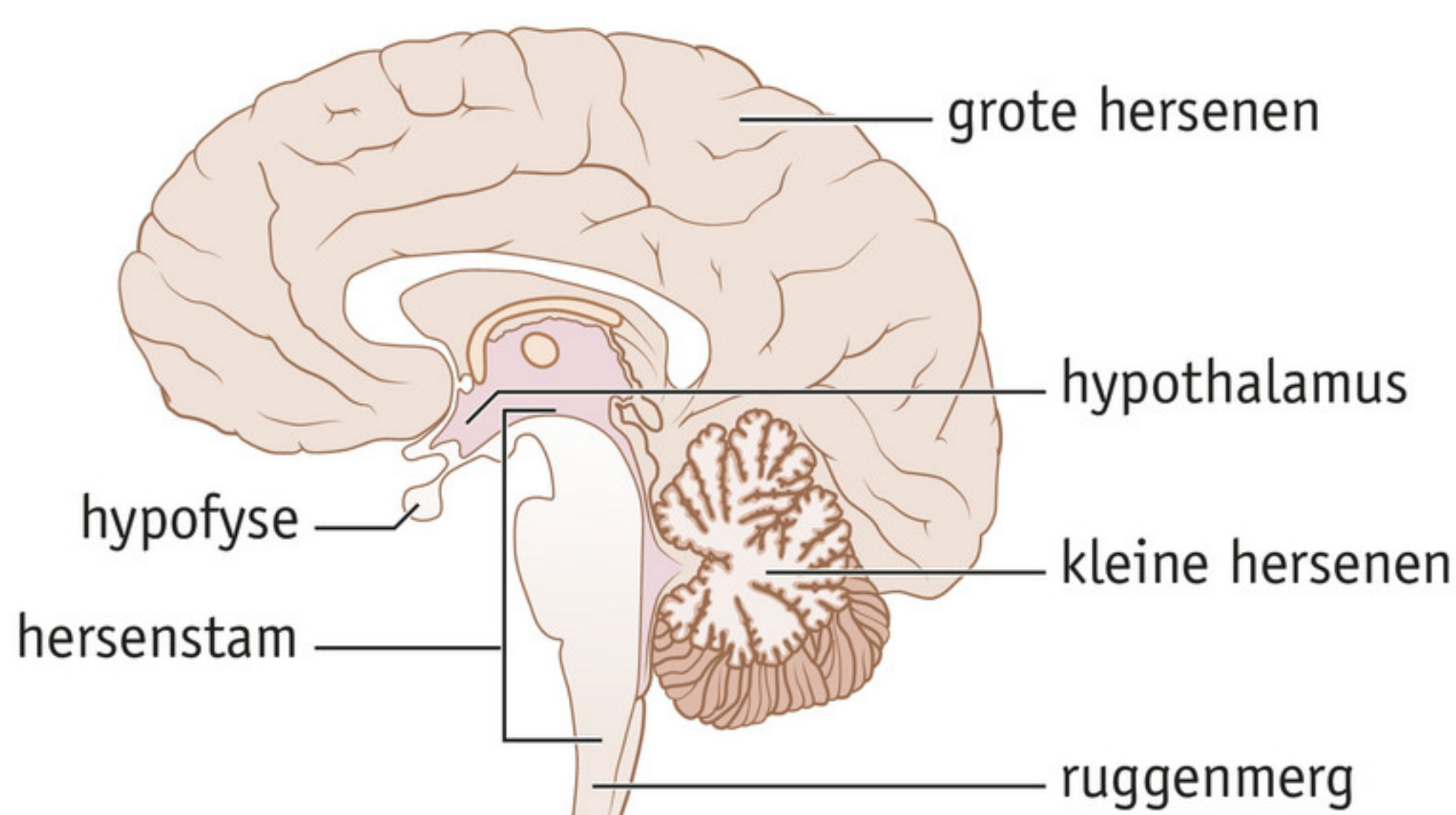
De hersenen bestaan uit de **grote hersenen**, de **kleine hersenen** en de hersenstam. Ze zijn omgeven door drie hersenvliezen die bescherming bieden. Het hersenvocht dat in de holten in de hersenen wordt aangemaakt, beschermt de hersenen en het ruggenmerg tegen schokken, voert afvalstoffen af en speelt een rol bij het handhaven van de juiste temperatuur voor deze organen.

▼ **Afb. 26** Dwarsdoorsnede van de grote hersenen.



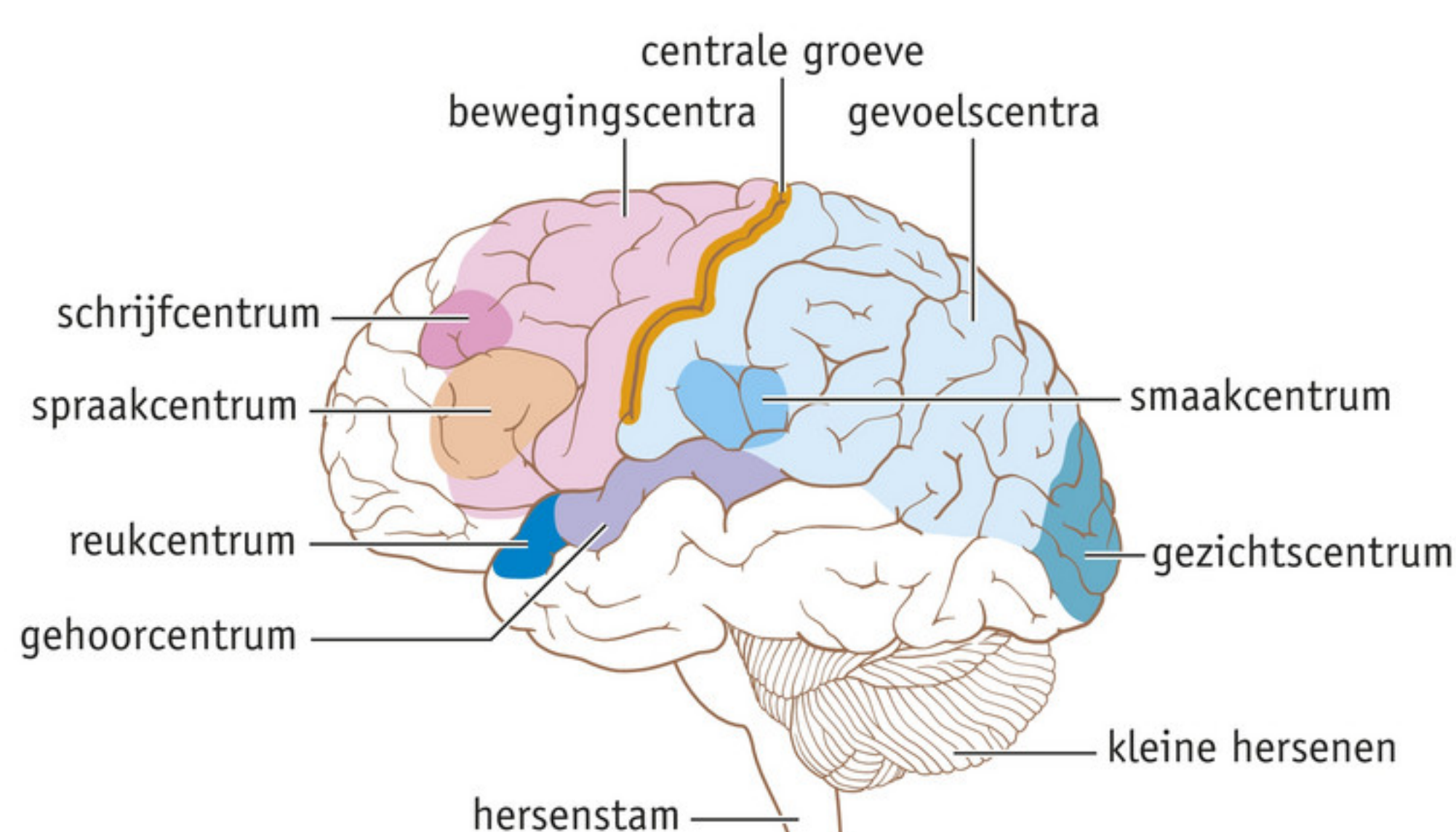
De grote en de kleine hersenen bestaan elk uit een linkerhelft en een rechterhelft. Ze zijn in het midden verbonden door de hersenbalk. In de **hersenschors** (het buitenste gedeelte) van de grote en de kleine hersenen ligt de **grijze stof**. Hierin liggen de cellichamen van schakelcellen. Doordat de hersenschors sterk gevouwen is, zitten er veel plooien en groeven in. In het **merg** (het binnenste gedeelte) ligt de **witte stof** met daarin de uitlopers van schakelcellen (zie afbeelding 26). De witte kleur wordt veroorzaakt door de myelinescheden die om de axonen heen liggen.

▼ **Afb. 27** Lengtedoorsnede van de hersenen.



De **hersenstam** is het gedeelte tussen de grote hersenen en het ruggenmerg (zie afbeelding 27). De hersenstam geleidt impulsen van de grote en kleine hersenen naar het ruggenmerg en omgekeerd. Hersenzenuwen uit de hersenstam geleiden ook impulsen van receptoren uit hoofd en hals naar de grote en kleine hersenen en in omgekeerde richting naar de effectoren. Op de overgang van hersenstam naar ruggenmerg kruisen de impulsbanen elkaar. De impulsen van de linkerhelft van het lichaam worden naar de rechterhersenhelft geleid en de impulsen van de rechterhelft van het lichaam naar de linkerhersenhelft. In dit deel van de hersenstam liggen verschillende centra die belangrijke lichaamsfuncties regelen, zoals het hartritme, de diameter van de bloedvaten en de ademhalingsfrequentie.

▼ **Afb. 28** Buitenaanzicht van de hersenen met de ligging van de hersencentra.



HERSENCENTRA

De hersenschors in de grote hersenen bestaat uit gebieden met verschillende functies. Van een aantal gebieden is de functie bekend (zie afbeelding 28). Je noemt deze gebieden ook wel **hersencentra**. Je kunt gevoelscentra en bewegingscentra onderscheiden. In **gevoelscentra** komen impulsen aan. De plaats in de hersenschors waar deze impulsen aankomen en worden verwerkt, bepaalt de aard van de waarnemingen die je doet. In **bewegingscentra** ontstaan impulsen voor bewegingen die je bewust wilt maken. De plaats waar de impulsen ontstaan, bepaalt welke skeletspieren er gaan bewegen. De linkerhersenhelft heeft een gevoelscentrum en een bewegingscentrum voor alle lichaamsdelen aan de rechterkant van het lichaam, en andersom.

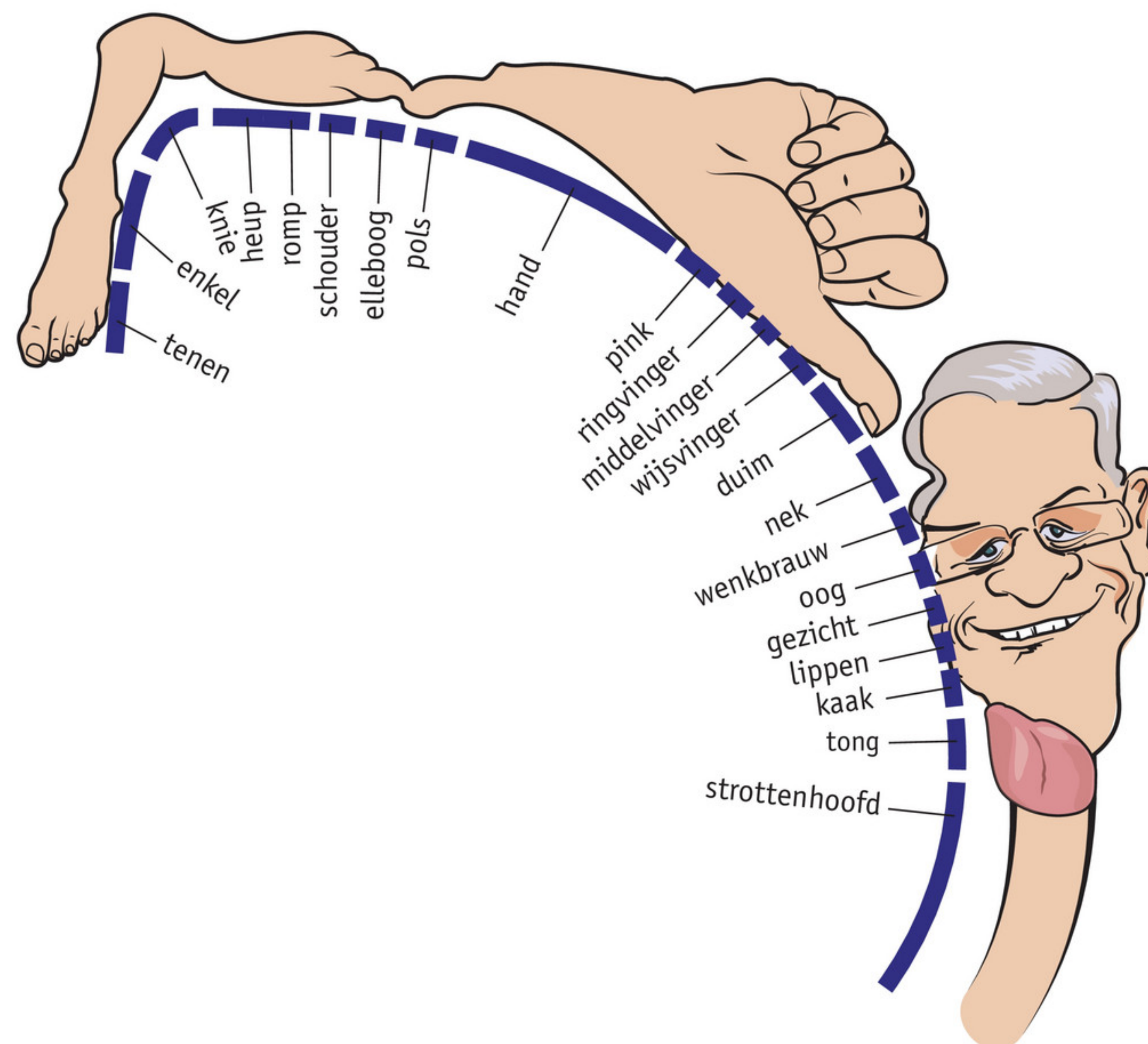
Alle delen van het lichaam zijn verbonden met gevoelscentra. De meeste gevoelscentra liggen bij elkaar in de hersenschors. De gevoelscentra voor ruiken, horen en zien liggen apart in de hersenschors. In het **centrum voor zien** (**gezichtscentrum**) komen bijvoorbeeld impulsen aan die afkomstig zijn van je ogen. Doordat de impulsen daar worden verwerkt, zie je iets. Als er een storing optreedt in het centrum voor zien, kun je blind zijn terwijl je ogen goed functioneren. De meeste bewegingscentra liggen ook bij elkaar in de hersenschors. Een bewegingscentrum voor een bepaald lichaamsdeel ligt vlak bij het gevoelscentrum voor dat lichaamsdeel. De bewegingscentra voor schrijven en spreken liggen apart in de hersenschors.

Hoewel de hersenhelften qua bouw gelijk zijn, hebben ze geen identieke functie. Zo kunnen de meeste mensen beter gezichten herkennen met de rechterhersenhelft en blijkt het spreken meer vanuit de linkerhersenhelft te komen. Vaak voer je meerdere bewegingen tegelijkertijd uit. De kleine hersenen coördineren alle bewegingen van je lichaam. Als je bijvoorbeeld iets wilt pakken en je arm uitsteekt, neem je ondertussen met je zintuigen (vooral je ogen) allerlei veranderingen waar. In je kleine hersenen worden deze waarnemingen gecombineerd met je beweging. Hierdoor kun je met je arm het voorwerp inderdaad vastpakken. Ook zorgen de kleine hersenen voor het handhaven van je evenwicht.

opdrachten

- 24** De hersenschors heeft veel plooien en groeven. Hierdoor heeft de hersenschors een groter oppervlak.
- Wat is hiervan het voordeel?
 - In afbeelding 29 wordt de verbinding tussen de gevoelscentra in de hersenschors en de lichaamsdelen weergegeven door een homunculus, een op de hersenschors geprojecteerd figuurtje van de mens. Het gezicht en de handen in dit figuurtje nemen een groot oppervlak op de hersenschors in. Welke conclusie kun je trekken over het aantal zintuigcellen in gezicht en handen?

► **Afb. 29** Een homunculus.



- 25** Er zijn mensen blind geworden doordat ze bij een val op hun achterhoofd terechtkwamen.
- Welk hersencentrum in de hersenen is dan beschadigd?
 - Als iemand in het linkerdeel van de grote hersenen een hersenbloeding krijgt, kan een verlamming ontstaan aan de rechterzijde van het lichaam. Leg dat uit.
 - Bij het verwijderen van een hersentumor gaat een chirurg voorzichtig te werk. Hoe meer tumorweefsel een chirurg weghaalt, hoe beter. Doordat de hersenen geen pijn kunnen waarnemen, is het mogelijk om in de hersenen van een patiënt te snijden terwijl deze bij kennis is. Leg uit wat hiervan het voordeel is.

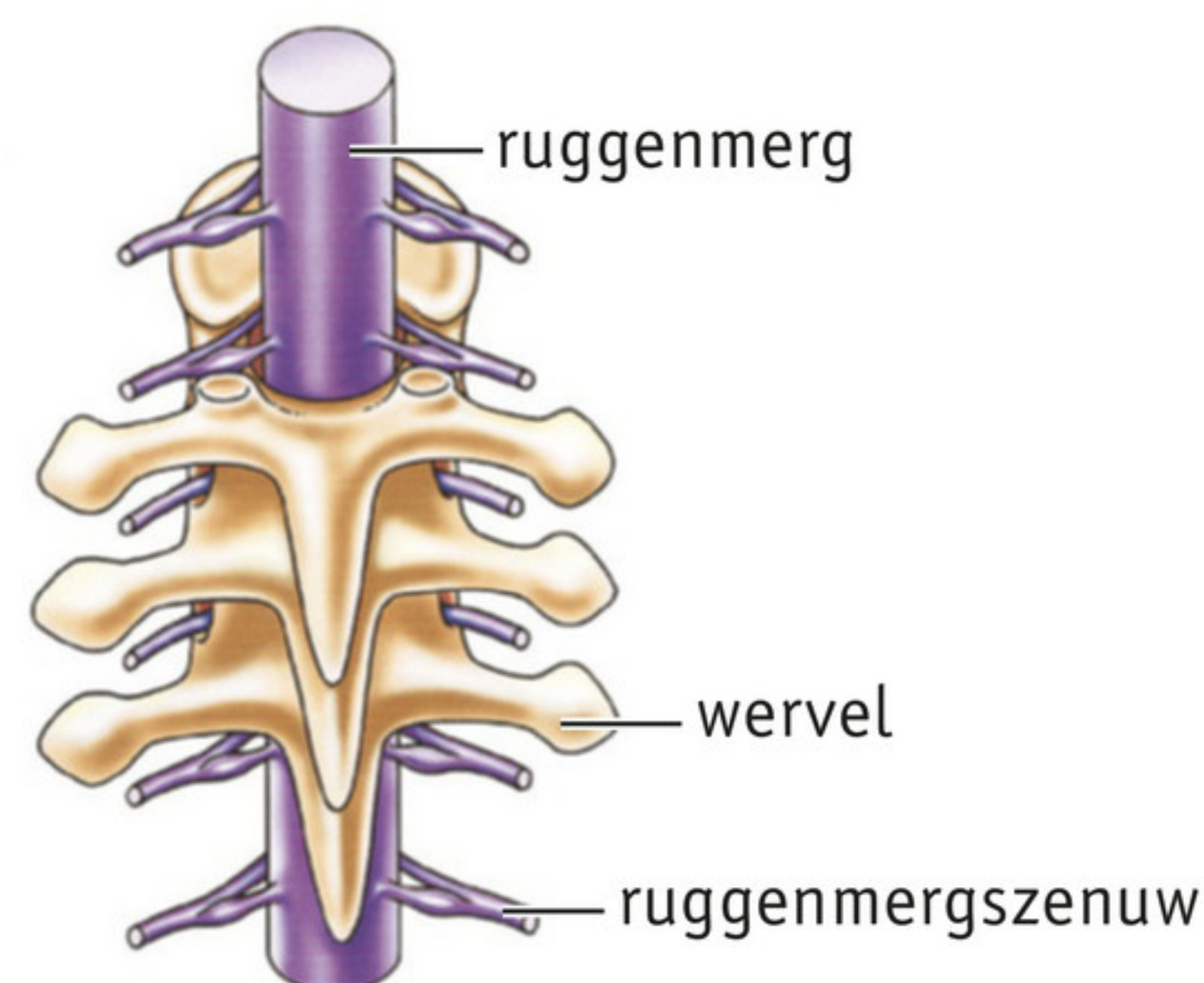
- d Als je bij een proefpersoon een bepaald gebied in de hersenschors prikkelt met een elektrode, gaat zijn duim bewegen.
In welk gebied in de hersenschors ontstaan de impulsen die de duim laten bewegen?

► PRACTICUMOPDRACHT 1

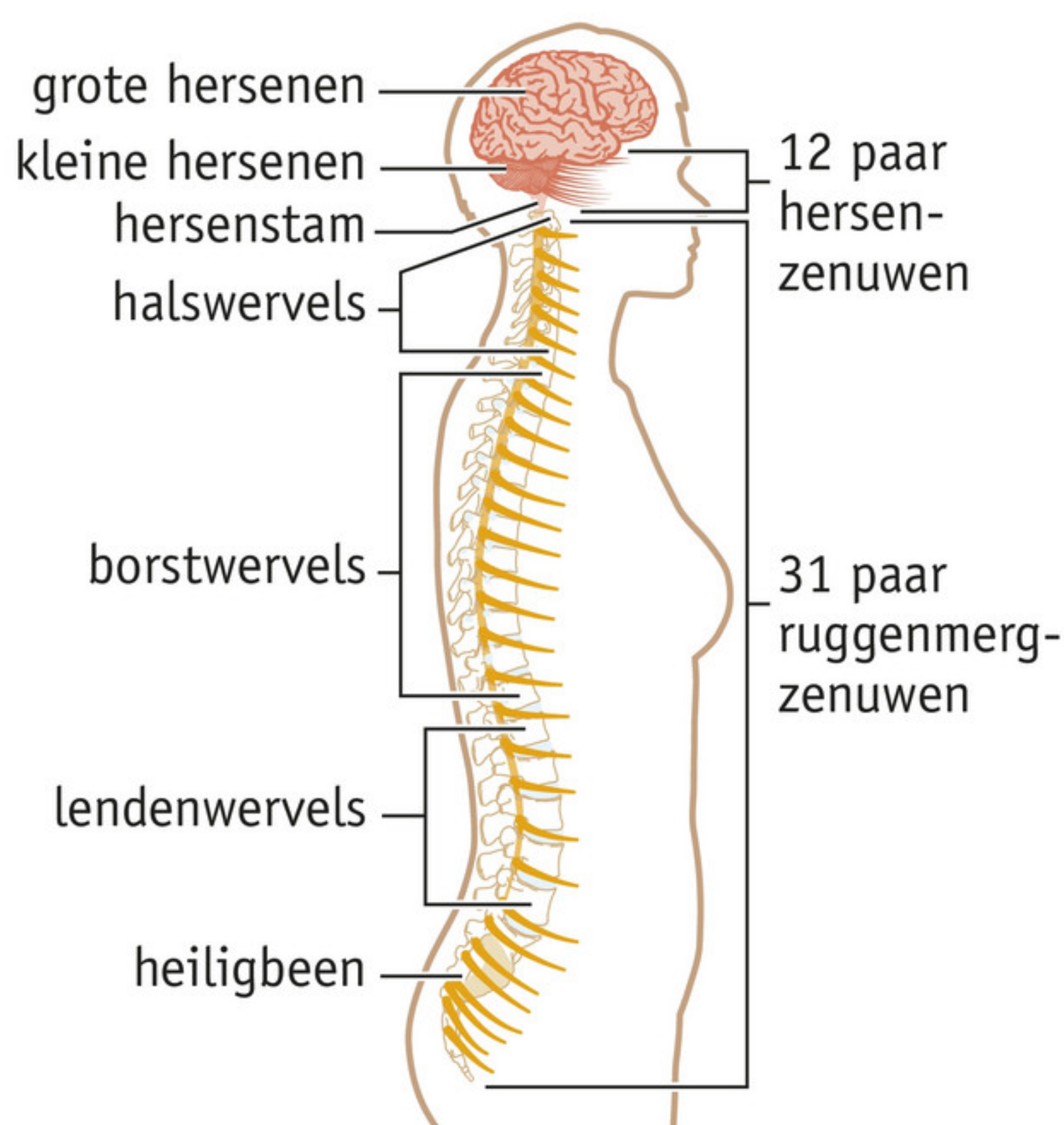
HET RUGGENMERG

Het **ruggenmerg** ligt bij gewervelden goed beschermd in het wervelkanaal, dat wordt gevormd door de gaten in de op elkaar liggende wervels (zie afbeelding 30). Om het ruggenmerg heen liggen drie ruggenmergsvliezen die bescherming bieden. In het midden van het merg bevindt zich een holte: het centrale kanaal. Dit kanaal is gevuld met vocht en staat rechtstreeks in verbinding met het hersenvocht in de hersenholten.

- **Afb. 30** Ligging van het ruggenmerg in de wervelkolom.



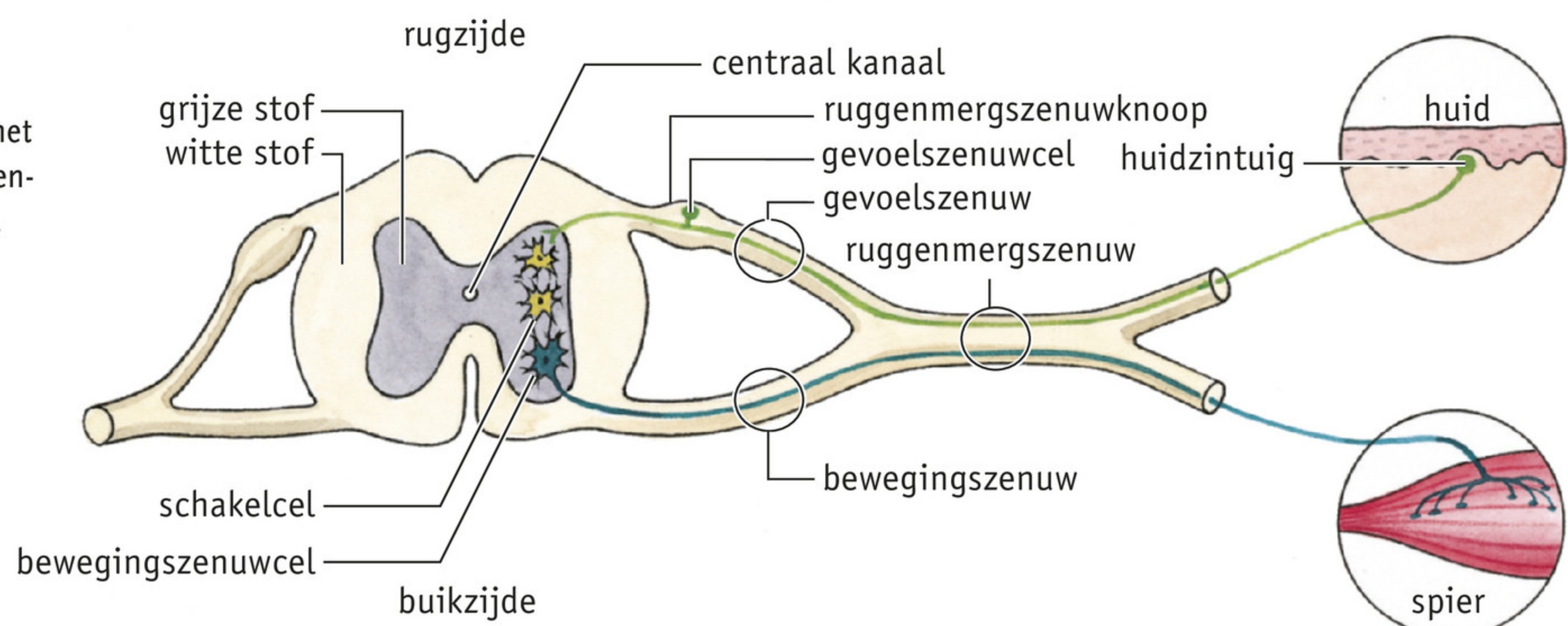
- ▼ **Afb. 31** Ruggenmergszenuwen en hersenzenuwen.



Het ruggenmerg loopt vanaf de bovenste halswervel (de atlas) tot aan de tweede lendenwervel. Van de halswervels tot aan het staartbeen verlaten ruggenmergszenuwen het wervelkanaal. Ze komen door openingen links en rechts tussen de wervels naar buiten (zie afbeelding 31).

Ruggenmergszenuwen zijn gemengde zenuwen. Elke zenuw verbindt een bepaald gedeelte van de romp of de ledematen met het ruggenmerg. Aan de rugkant komen uitlopers van gevoelszenuwcellen bij elkaar in gevoelszenuwen. De verdikkingen in deze zenuwen worden gevormd door een opeenhoping van cellichamen van gevoelszenuwcellen, de zogenoemde **ruggenmergszenuwknopen**. De cellichamen in de ruggenmergszenuwknopen zijn door axonen verbonden met het ruggenmerg. Uitlopers van bewegingszenuwcellen komen aan de buikkant bij elkaar in bewegingszenuwen. Een gevoelszenuw en een bewegingszenuw komen samen in een ruggenmergszenuw (zie afbeelding 32).

- **Afb. 32** Overzicht van de ligging van zenuwcellen in het ruggenmerg en in een ruggenmergszenuw (schematisch).



- ▼ **Afb. 33** Een microscopische foto van een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg.



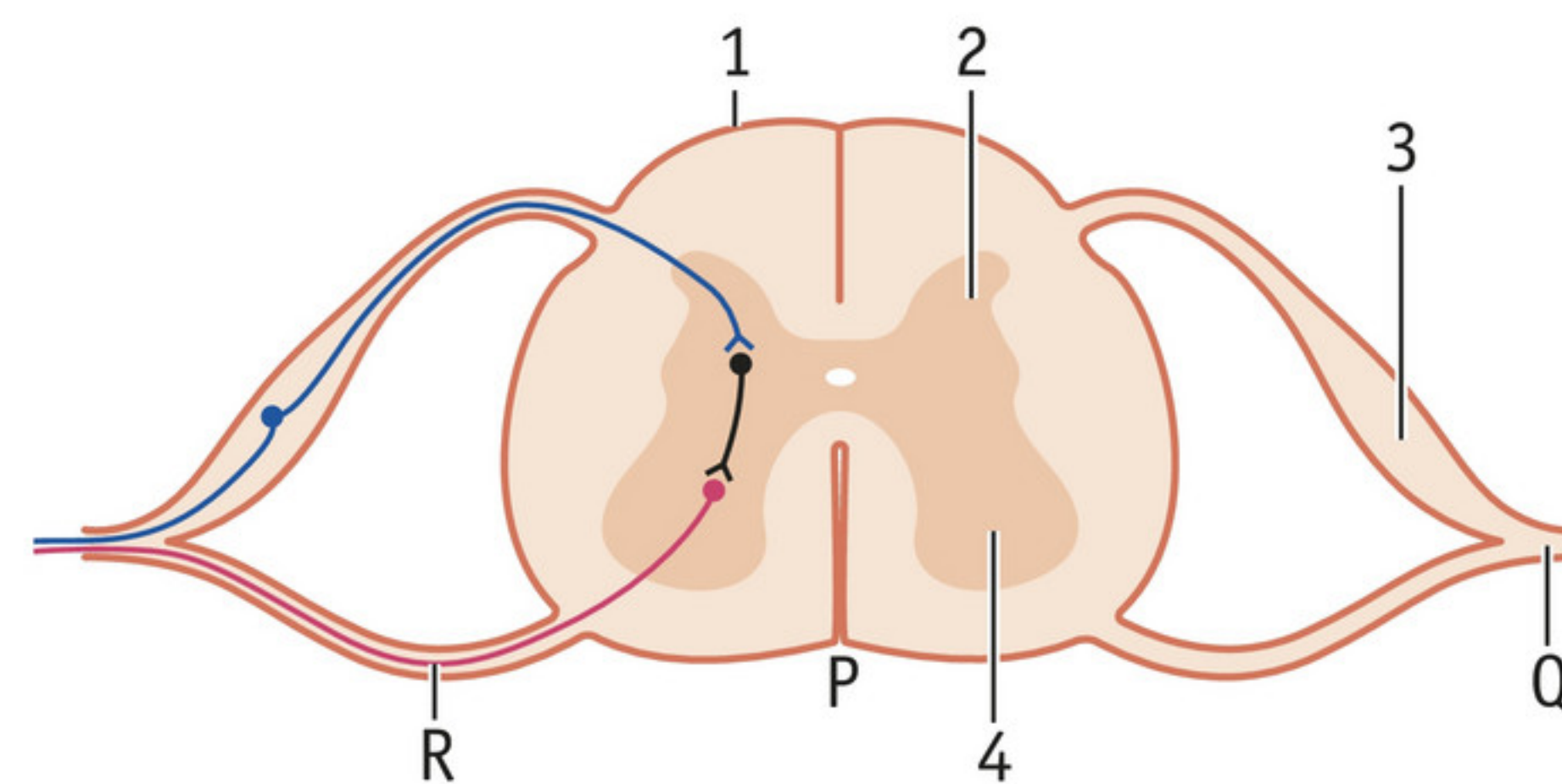
In afbeelding 33 zie je een foto van een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg. In het buitenste gedeelte ligt de witte stof. Hierin liggen veel uitlopers van schakelcellen. Ze geleiden impulsen van en naar de hersenen, dus omlaag en omhoog.

In het midden bevindt zich een vlindervormig gedeelte dat donkerder van kleur is: de grijze stof. In het midden en aan de rugzijde in de grijze stof liggen de cellichamen van schakelcellen. Aan de buikzijde liggen de cellichamen van bewegingszenuwcellen.

► PRACTICUMOPDRACHT 2

opdrachten

- 26 In afbeelding 34 is een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg met aangesloten zenuwen schematisch getekend.
- Wat veroorzaakt de witte kleur van de witte stof in het ruggenmerg?
 - Met welk nummer is de plaats aangegeven waar zich cellichamen van bewegingszenuwcellen bevinden?
 - Ligt P aan de buikzijde of aan de rugzijde? Leg je antwoord uit.
 - Geleidt uitloper R impulsen naar een effector of naar een receptor? Leg je antwoord uit.



- **Afb. 34** Dwarsdoorsnede van het ruggenmerg (schematisch).

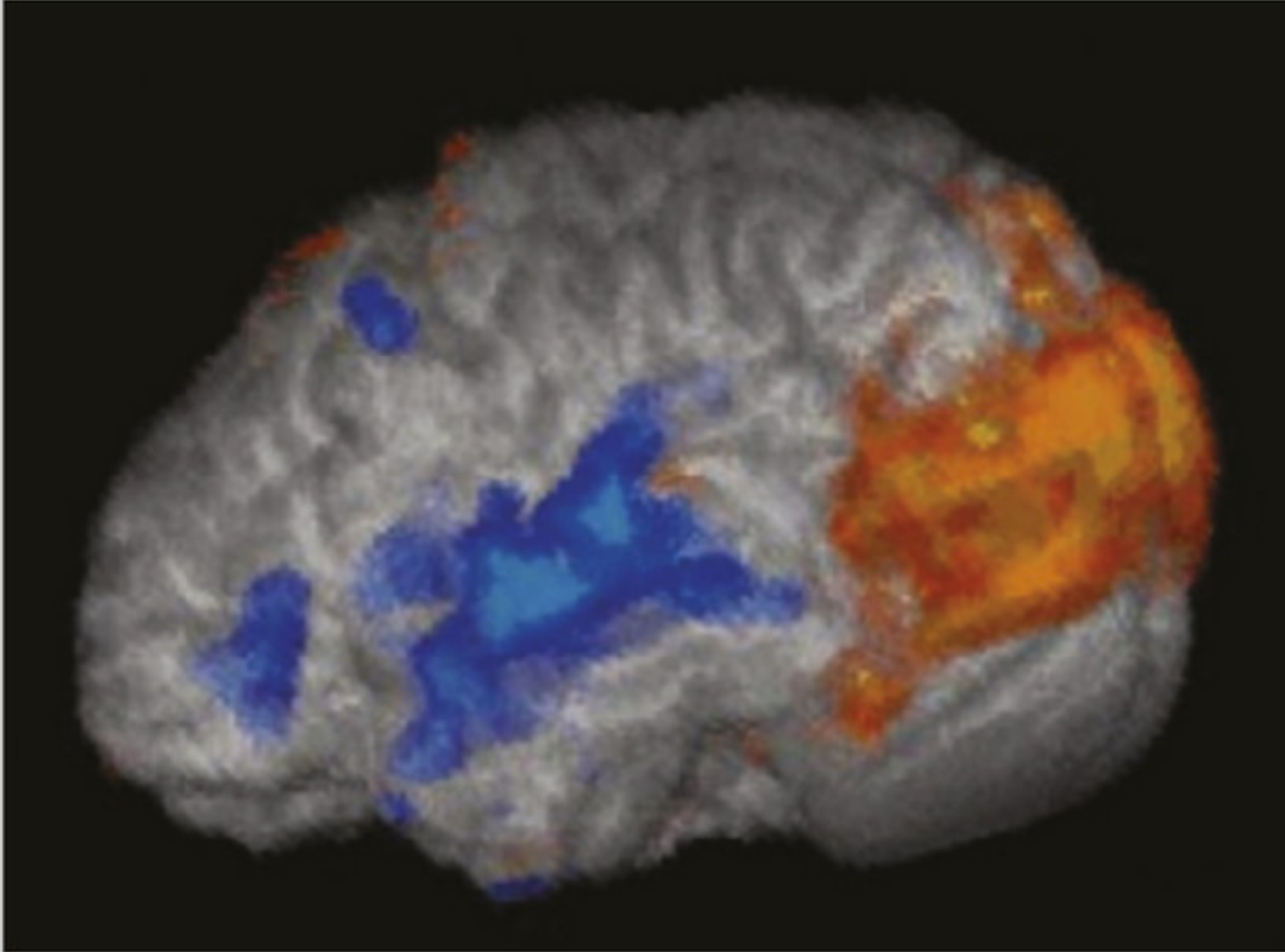
- 27 In 2011 heeft voetballer Mihai Neșu van FC Utrecht tijdens een training een dwarslaesie in de nek opgelopen. Een dwarslaesie is een beschadiging aan het ruggenmerg, waardoor de verbinding tussen de hersenen, organen en spieren is onderbroken. Als gevolg daarvan kunnen vanuit de lichaamsdelen onder de dwarslaesie geen impulsen meer naar de hersenen worden geleid. Andersom kunnen vanuit de hersenen geen impulsen meer naar deze lichaamsdelen toe worden geleid. De verbinding kan totaal of gedeeltelijk zijn onderbroken. Samen met de hoogte van de dwarslaesie bepaalt dit in welke mate een persoon nog controle heeft over zijn bewegingen en organen en of hij nog gevoel heeft. Na drie maanden revalidatie functioneren bij Mihai Neșu alleen zijn rechterarm en zijn hoofd nog volledig.
- Welke delen van het centrale zenuwstelsel functioneren nog volledig bij Mihai Neșu?
 - Is de dwarslaesie in de nek van Mihai Neșu totaal of gedeeltelijk? Leg je antwoord uit.
 - Wat zijn de receptoren als Mihai Neșu tijdens het douchen het water over de rechterkant van zijn lichaam voelt stromen? En wat zijn de conductoren?
 - Mihai Neșu kan zijn rolstoel besturen met zijn rechterarm. Welk zenuwcellen geleiden impulsen naar spieren in zijn hand?

CONTEXT

Beroep

Breinbeeldtechniek: fMRI

▼ **Afb. 35** Driedimensionaal beeld.



Als radiologisch laborant onderzoekt Sven patiënten met behulp van röntgenfoto's, geluidsgolven (echografie) en magnetisme (MRI-scans). Aan Roos, die epilepsie heeft, legt hij uit wat er gebeurt als hij een fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) van haar hersenen maakt.

‘Bij fMRI maken we een scan van je hersenen en wordt je hersenactiviteit weergegeven in een driedimensionaal beeld op een beeldscherm (zie afbeelding 35). Ik kan dan zien welke gebieden van je hersenen betrokken zijn bij het verrichten van bepaalde taken zoals praten, een hand bewegen en naar foto's kijken.

Om de fMRI te kunnen maken, moet je op deze lange, smalle tafel gaan liggen. Je krijgt een headcoil om je hoofd, een koptelefoon op en een knoppenkast in je hand. De tafel wordt dan in de tunnel van de MRI-scanner geschoven. Dat is een holle, cilindrische magneet. Op de headcoil is een spiegeltje bevestigd waarmee je door de tunnel naar buiten kunt kijken. Daar zie je een scherm waarop beelden worden geprojecteerd. Met behulp van de knoppenkast kun je reageren op de geluiden en beelden die je ziet. Het is niet de bedoeling dat je praat of je hoofd beweegt.’

opdracht

- 28** Epilepsie is een aandoening die zich uit in de vorm van aanvallen. De aanvallen ontstaan door een plotselinge, tijdelijke verstoring van de impulsoverdracht in de hersenen.
- a** Wat kan een arts door een fMRI te weten komen over de impulsoverdracht in de hersenen van een patiënt met epilepsie?
 - b** Welke centra in de hersenschors vertonen activiteit in afbeelding 35?
 - c** Bij RS-fMRI (resting state fMRI) wordt de activiteit van de hersenen gemeten terwijl er geen taak wordt uitgevoerd. Wetenschappers kunnen het resultaat van een RS-fMRI-scan van een persoon zonder epilepsie vergelijken met die van een persoon met epilepsie.
Wat is het doel hiervan?

Leerdoelen

- Je kunt de functie van reflexen en een reflexboog beschrijven.
- Je kunt de werking van het autonome (of vegetatieve) zenuwstelsel beschrijven.

4 Reflexen en het autonome zenuwstelsel

Met je ogen knipperen, niezen, slikken: je doet het zonder erbij na te denken. Het zijn aangeboren reacties op uitwendige prikkels. Hoe komen deze onbewuste reacties tot stand en wat is het nut ervan?

BEWUSTE EN ONBEWUSTE REACTIES

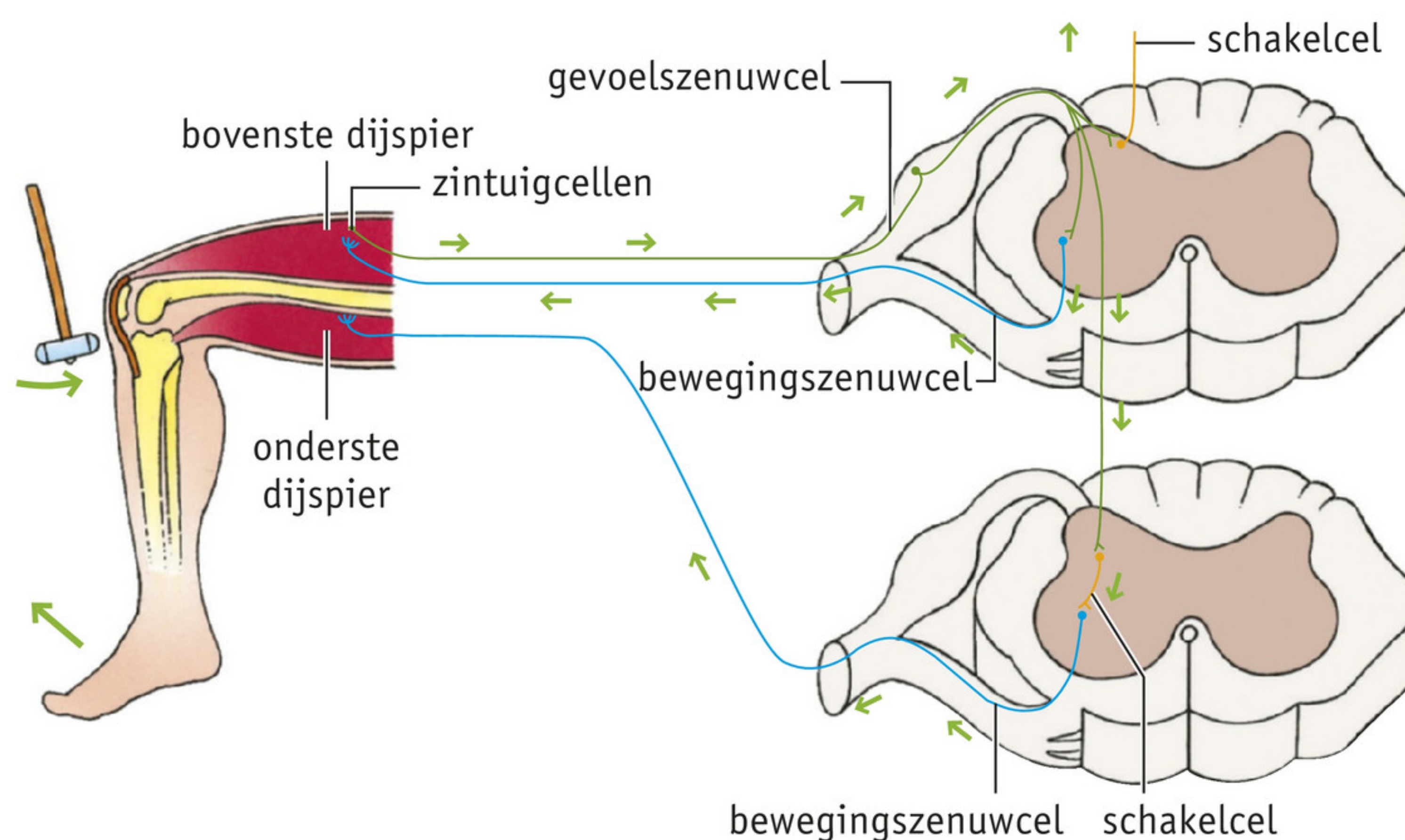
Het animale zenuwstelsel regelt vooral bewuste reacties. Bij een beweging die je bewust wilt maken, ontstaan er impulsen in bewegingscentra van de grote hersenen. Deze impulsen gaan via schakelcellen naar cellen in de kleine hersenen en vervolgens naar schakelcellen in de hersenstam en het ruggenmerg. Vanaf daar gaan de impulsen via bewegingszenuwcellen naar spieren waardoor deze samentrekken en je een beweging maakt. Het animale zenuwstelsel is ook verantwoordelijk voor onbewuste reacties. Je zintuigen verwerken voortdurend allerlei prikkels uit je omgeving, waar je je niet bewust van bent.

► PRACTICUMOPDRACHT 3**REFLEXEN**

Door met een hamertje of de zijkant van je hand een tik te geven tegen de aanhechtingsplaats van de kniepees onder je knieschijf, wipt het onderbeen omhoog. De reactie van je onderbeen op de tik is een voorbeeld van een reflex. Een **reflex** is een vaste, snelle, onbewuste reactie op een bepaalde prikkel. Door de tik op de kniepees rekt de bovenste dijspier (de strekspier) een klein beetje uit. Onder invloed van deze prikkel ontstaan in zintuigcellen in de dijspier impulsen. Gevoelszenuwcellen geleiden de impulsen naar het ruggenmerg (zie afbeelding 36). Daar vertakken de uitlopers van de gevoelszenuwcellen zich. Het ene deel van de vertakkingen geleidt impulsen naar bewegingszenuwcellen die op hun beurt weer impulsen naar de bovenste dijspier geleiden, waardoor deze spier samentrekt. Het andere deel van de vertakkingen geleidt impulsen naar schakelcellen. Deze geleiden impulsen naar bewegingszenuwcellen om te verhinderen dat die impulsen naar de onderste dijspier (de buigspier) geleiden. Hierdoor ontspant deze spier.

Via schakelcellen gaan er ook impulsen naar de hersenen. Hierdoor word je je kort na de tik bewust van de tik en van je reactie.

► **Afb. 36** De weg van impulsen bij de kniepeesreflex.



Bij de meeste reflexen zijn de gevoelszenuwcellen alleen via schakelcellen verbonden met bewegingszenuwcellen. De impulsgeleiding bij de kniepeesreflex is bijzonder, doordat gevoelszenuwcellen via een deel van de vertakkingen van de uitlopers direct zijn verbonden met bewegingszenuwcellen.

De weg die impulsen bij een reflex afleggen, noem je een reflexboog. Een **reflexboog** bestaat uit een receptor, conductoren in het zenuwstelsel en een effector. De reflexbogen van hoofd en hals verlopen via de hersenstam. De reflexbogen van romp en ledematen verlopen via het ruggenmerg. De grote hersenen maken geen deel uit van reflexbogen. Daardoor is de weg die een impuls aflegt bij een reflex korter en neemt de **reactiesnelheid** toe. Wel komen bij reflexen ook impulsen in de grote hersenen aan.

Sommige reflexen zijn betrokken bij het beschermen van je lichaam. Een voorbeeld hiervan is de terugtrekreflex, die optreedt als je met je hand een heet voorwerp aanraakt. De meeste reflexen hebben een functie bij de handhaving van bepaalde houdingen van je lichaam en bij bewegingen. Voorbeelden van reflexen zijn de hoestreflex, de slikreflex, de pupilreflex, de ooglidreflex, de voetzoolreflex en de zuigreflex.

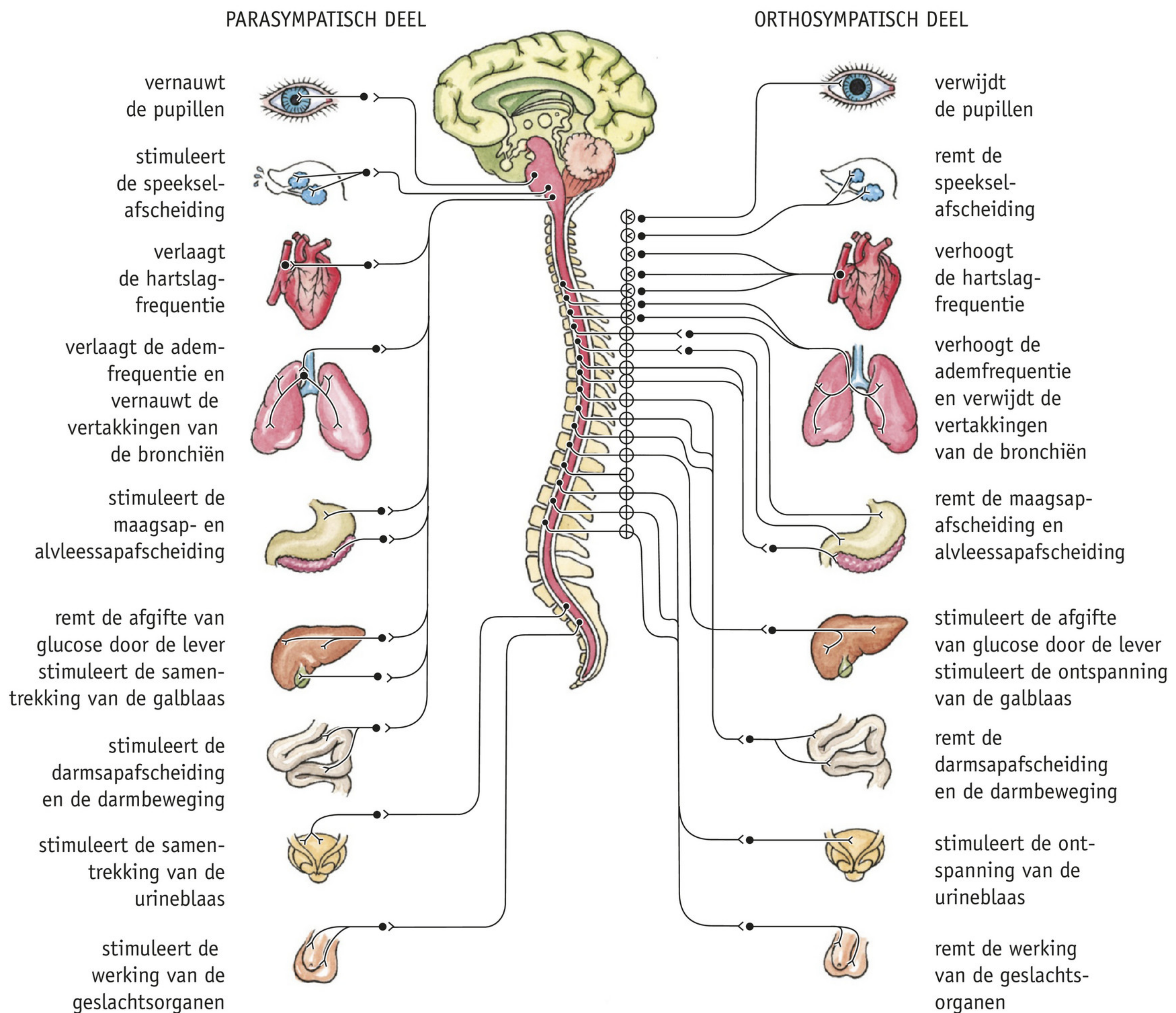
opdrachten

- 29 Iemand duwt je. Je voelt de duw, kijkt opzij en duwt terug.
 - a Is deze handeling een bewuste reactie of een reflex? Leg je antwoord uit.
 - b Beschrijf de weg waarlangs bij deze handeling impulsen naar de gevoelscentra in de grote hersenen worden geleid.
 - c Wat is bij deze handeling de functie van de gevoelscentra in de grote hersenen?
 - d Wat is bij deze handeling de functie van de bewegingscentra in de grote hersenen?
- 30 Julia trapt in een punaise. Hierop volgt een reflex: zij trekt haar been omhoog.
 - a Wat is de prikkel voor de reflex?
 - b Beschrijf de reflexboog waarlangs bij deze reflex impulsen worden geleid.
 - c Wat zijn bij deze reflexboog de conductoren, receptoren en effectoren?
- 31
 - a Kan bij Mihai Neșu (zie opdracht 27) de kniepeesreflex nog plaatsvinden? Leg je antwoord uit.
 - b Kan Mihai Neșu de tik tegen de kniepees nog voelen? Leg je antwoord uit.
- 32 Reflexen kun je onderdrukken. Een hete lepel laat je bijvoorbeeld vallen, maar een hete pan soep niet zo snel.
 - a Leg uit hoe je zenuwstelsel een reflex kan onderdrukken.
 - b Wanneer je een operatie aan je voet ondergaat, kan dat onder plaatselijke verdoving. Je blijft dan bij bewustzijn maar voelt de pijn niet. De bekendste vorm is de ruggenprik. Door een vloeistof om het ruggenmerg te spuiten, worden de gevoelszenuwcellen en bewegingszenuwcellen in het onderlichaam verdoofd.
Een patiënt wordt geopereerd aan zijn voet.
Is het mogelijk dat de patiënt zijn voet in een reflex terugtrekt tijdens de operatie als hij een ruggenprik heeft gekregen? Leg je antwoord uit.
 - c Is het mogelijk dat de patiënt tijdens de operatie zijn voet bewust terugtrekt? Leg je antwoord uit.

HET AUTONOME ZENUWSTELSEL

Het autonome (of vegetatieve) zenuwstelsel staat niet onder invloed van de wil. Het werkt nauw samen met het hormoonstelsel en regelt onder andere de werking van de spieren van inwendige organen en klieren. Het autonome zenuwstelsel kun je onderverdelen in het orthosympatische deel en het parasympatische deel (zie afbeelding 37). Deze delen hebben een tegengestelde werking. Ze werken samen om de homeostase in het lichaam te handhaven. Beide delen van het autonome zenuwstelsel zijn steeds actief. Het hangt van de omstandigheden af welk deel op een bepaald moment de sterkste activiteit vertoont. Bepaalde centra in de hersenstam coördineren de activiteiten van het autonome zenuwstelsel.

▼ Afb. 37 Het autonome zenuwstelsel.



Het **orthosympatische deel** beïnvloedt de organen op zo'n manier dat het lichaam activiteiten kan verrichten waar energie voor nodig is. Door verbranding te bevorderen wordt energie vrijgemaakt. Impulsen vanuit het orthosympatische deel verhogen de hartslagfrequentie, verwijderen de bloedvaten naar de skeletspieren, zetten de lever aan om glycogeen om te zetten in glucose, verhogen de ademfrequentie en verwijderen de vertakkingen van de bronchiën. Het orthosympatische deel remt de organen van het verteringsstelsel en de nieren in hun werking.

Het **parasympatische deel** beïnvloedt de organen zodat het lichaam in een toestand van rust en herstel kan komen. Het bevordert de stofwisseling. De energie die daarbij nodig is, wordt vastgelegd in de organische stoffen die worden gevormd. Impulsen vanuit het parasympatische deel stimuleren de productie van verteringssappen, de darmbeweging, de omzetting van glucose in glycogeen in de lever, de verwijding van de bloedvaten naar het verteringsstelsel en de werking van de nieren. Ze verlagen onder andere de hartslag- en de ademfrequentie.

INNERVEREN

Alle organen in je lichaam zijn verbonden met zenuwen die de organen door impulsen kunnen beïnvloeden. Dit noem je **innerveren**. Een orgaan dat door een bepaald deel van het centrale zenuwstelsel wordt beïnvloed, is het doelwitorgaan. Elk **doelwitorgaan** wordt geïnnerveerd door twee zenuwen van het autonome zenuwstelsel: een orthosympatische en een parasympatische zenuw. Je noemt dit **dubbele innervatie**. Hierdoor kan de werking van een orgaan worden gestimuleerd of geremd.

opdrachten

- 33 a** Welk deel van het autonome zenuwstelsel is 's nachts het meest actief? Leg je antwoord uit.
- b** In stresssituaties geeft de hypothalamus impulsen af die via het ruggenmerg aankomen in het bijniermerg. Het bijniermerg geeft vervolgens adrenaline af. Welk deel van het autonome zenuwstelsel is hier actief? Leg je antwoord uit.
- c** Tot welk deel van het zenuwstelsel behoort een bewegingszenuwcel die deel uitmaakt van de reflexboog waardoor je je hand terugtrekt als je iets heets aanraakt: tot het animale of tot het autonome (vegetatieve) zenuwstelsel? Leg je antwoord uit.
- d** Behoort een zenuwcel die is verbonden met een zweetklier tot het animale zenuwstelsel of tot het autonome zenuwstelsel? Leg je antwoord uit.
- e** Bevinden zich in je arm uitlopers van het autonome zenuwstelsel? Leg je antwoord uit.
- 34** Een zenuwcel die behoort tot het parasympatische deel van het autonome zenuwstelsel is verbonden met spierweefsel in de darmwand.
- a** In welke situatie is de impulsfrequentie in deze zenuwcel het hoogst: als je hardloopt of als je na een maaltijd een film bekijkt? Leg je antwoord uit.
- b** Wat gebeurt er met je hartslagfrequentie als je medicijnen slikt die het parasympatische deel van het autonome zenuwstelsel remmen? Leg je antwoord uit.

CONTEXT

Beroep

Aangeboren reflexen

▼ Afb. 38 Moro-reflex.



Roos is verloskundige en vertelt: ‘Baby’s hoeven vaak niet te leren hoe iets moet. Ze kunnen het meteen, want ze komen ter wereld met een aantal nuttige, aangeboren reflexen. Door de zoekreflex draait een baby zijn hoofd automatisch in de richting van iets warmes en zachts dat zijn wang raakt, zoals de warme borst van zijn moeder. Wanneer een baby de tepel vindt met zijn mond, treedt de zuigreflex in werking. Een baby kan enorm krachtig zuigen aan de tepel om aan melk te komen. Door de slikreflex kan de baby melk doorslikken. Baby’s hebben ook reflexen die geen functie lijken te hebben. Als je een baby vlak na de geboorte onder de oksels oppakt en met de voetjes een ondergrond laat aanraken, tilt hij eerst één beentje op en daarna het tweede beentje. Deze loopreflex vertoont een baby na vier weken niet meer. Wanneer je op het open handje van een baby duwt, knijpt hij zijn handje stevig dicht. De voetzoolreflex levert ook een soort grijpeffect op. Door op de voetzool te drukken, krullen de tenen om. Zodra een baby schrikt of het gevoel heeft dat hij valt, treedt de Moro-reflex op. De baby ademt snel in, strekt zijn armpjes en beentjes wijd en spreidt de handen en vingers (zie afbeelding 38). Daarna klemt hij zijn armpjes voor zijn borst alsof hij iemand wil vastgrijpen.’

opdracht

- 35 a Noteer twee redenen waarom een verloskundige de reflexen bij een pasgeboren baby test.
- b De meeste aangeboren reflexen van een baby verdwijnen na ongeveer drie maanden.
Leg uit waarom het beter is dat de meeste aangeboren reflexen na een tijdje verdwijnen.
- c Een deel van de aangeboren reflexen van baby’s lijkt geen duidelijke functie meer te hebben voor de moderne mens.
Welk nut hadden de grijpreflex, de voetzoolreflex en de Moro-reflex in de periode dat (behaarde) moeders hun kind ronddroegen en ze af en toe hun handen vrij moesten hebben om voedsel te zoeken?

Leerdoelen

- Je kunt beschrijven hoe impulsgeleiding plaatsvindt.
- Je kunt beschrijven hoe impulsoverdracht plaatsvindt.

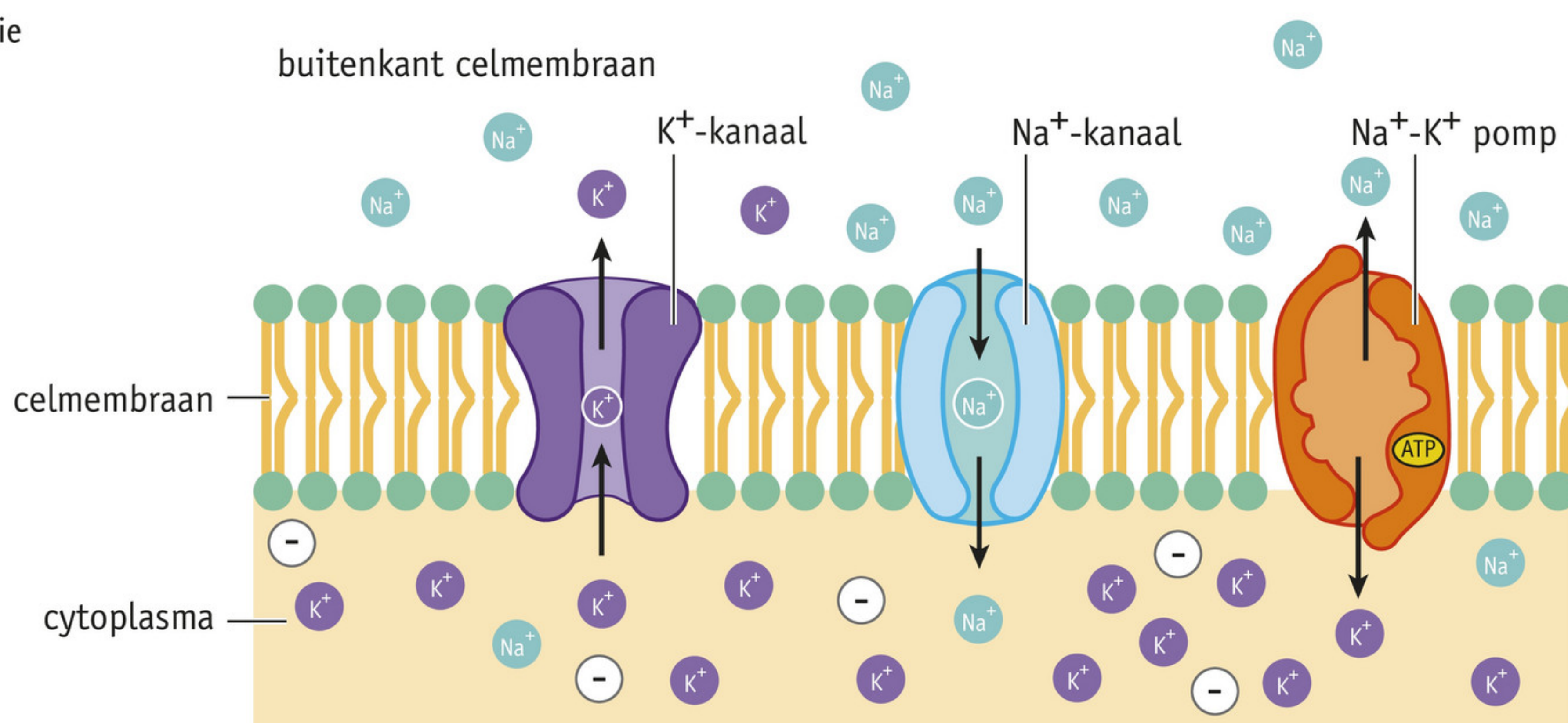
5 Neurale regulatie

Het blijkt dat bij mensen met ADHD bepaalde neurotransmitters in verminderde hoeveelheid voorkomen in het voorste gedeelte van de hersenen. Dat is het deel dat betrokken is bij het behouden van aandacht en het sturen van gedrag.

RUSTPOTENTIAAL

Het zenuwstelsel maakt communicatie mogelijk tussen zintuigcellen en zenuwcellen, tussen zenuwcellen onderling en tussen zenuwcellen en spieren en klieren. Dat gebeurt door impulsgeleiding en de afgifte van neurotransmitters. Bij een zenuwcel die geen impuls geleidt, heeft het cytoplasma een negatieve elektrische lading ten opzichte van de buitenkant van de zenuwcel. Dit verschil in elektrische lading is bij alle zenuwcellen die geen impuls geleiden ongeveer even groot (-70 mV). Dit noem je de **rustpotentiaal**. Het verschil in elektrische lading ontstaat doordat de ionenconcentratie aan beide kanten van het celmembraan niet gelijk is. Aan de buitenkant bevinden zich meer Na^+ -ionen dan K^+ -ionen. In het cytoplasma bevinden zich meer K^+ -ionen dan Na^+ -ionen. Ook bevinden zich in het cytoplasma negatief geladen ionen (zie afbeelding 39). Door een **ionenpomp** kunnen ionen tegen het concentratieverval in, in of uit de cel worden getransporteerd. In een zenuwcel blijft het verschil in ionenconcentratie gehandhaafd door de werking van **natrium-kaliumpompen**. De transporteiwitten van deze ionenpomp transporteren actief natriumionen de cel uit en kaliumionen de cel in. De benodigde energie is afkomstig uit ATP. Sommige getransporteerde ionen diffunderen terug doordat het celmembraan toch een beetje permeabel is voor ionen.

► **Afb. 39** De ionenconcentratie tijdens de rustpotentiaal.

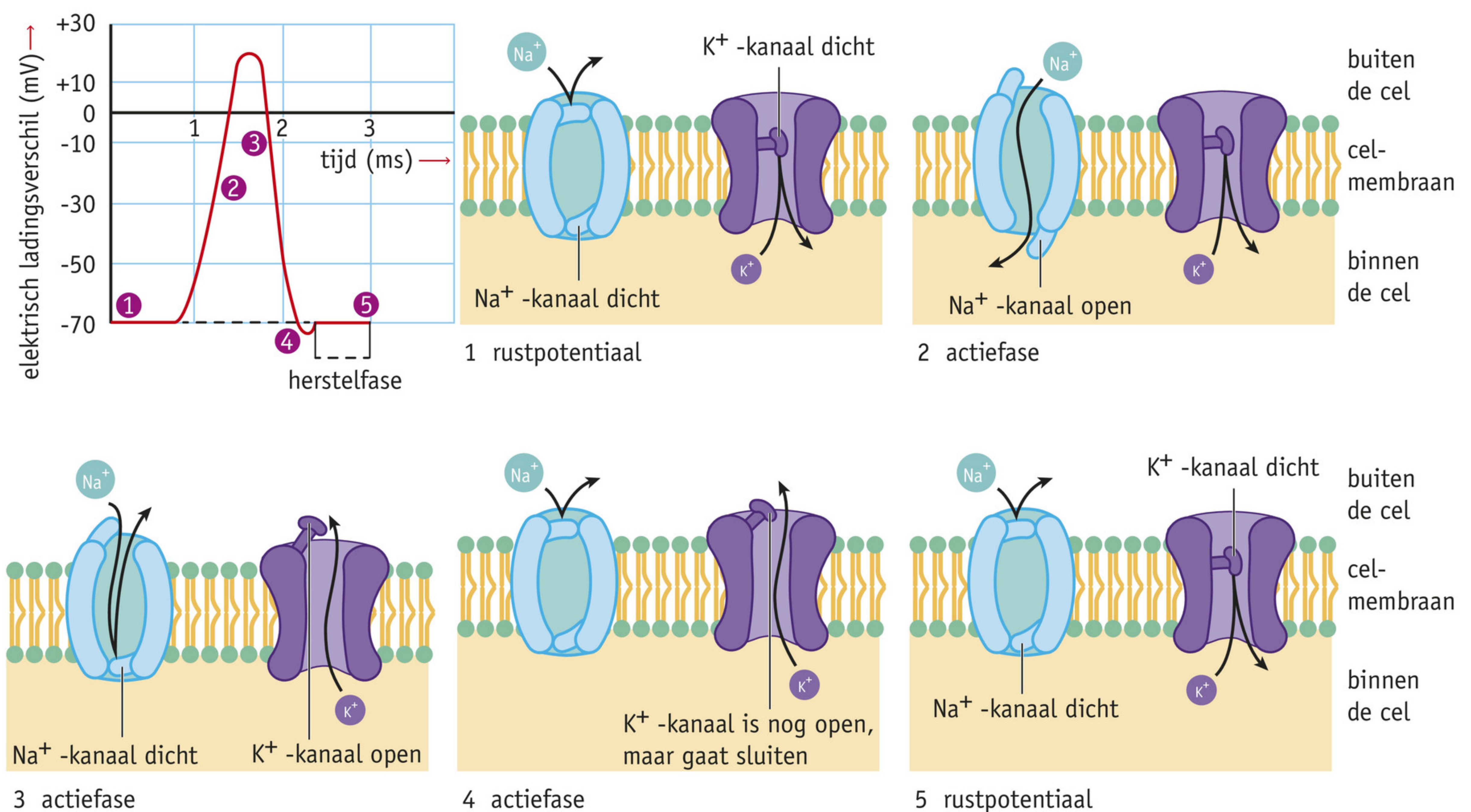


IMPULSGELEIDING

Door het binden van neurotransmitters of door het toedienen van een prikkel op een bepaalde plaats van het celmembraan van een zenuwcel, verandert de doorlaatbaarheid (permeabiliteit) van het celmembraan voor ionen. Bepaalde porie-eiwitten in het celmembraan openen en laten ionen door. Deze porie-eiwitten noem je ook wel ionkanalen. Ionkanalen laten specifiek een bepaald type ionen door. Eerst openen de **Na^+ -kanalen** in het celmembraan, waardoor Na^+ -ionen de cel in gaan. Hierdoor verandert de elektrische lading

van het cytoplasma in de zenuwcel. Wanneer het verschil in elektrische lading afneemt tot de **drempelwaarde** (ongeveer -50 mV) kan er een impuls ontstaan (zie afbeelding 40). Bij een impuls krijgt de binnenkant van het celmembraan door het ionentransport ongeveer 1 ms (milliseconde) een positieve lading ten opzichte van de buitenkant. Je noemt dit de **actiefase** van een impuls. Na de actiefase sluiten de Na^+ -kanalen en openen de **K^+ -kanalen**. Door het transport van K^+ -ionen naar buiten wordt de binnenkant van het celmembraan weer negatief ten opzichte van de buitenkant en wordt het verschil in elektrische lading weer -70 mV. Wanneer de rustpotentialaal weer is bereikt, zijn de natrium- en kaliumionen anders verdeeld dan vóór de actiefase. De natrium-kaliumpomp herstelt de normale ionenverdeling weer. Zolang een bepaald deel van het celmembraan de normale ionenverdeling nog niet heeft bereikt, is dit deel niet of minder goed in staat nieuwe impulsen te geleiden. Deze periode noem je de **herstelfase**. De herstelfase duurt ook ongeveer 1 ms. Hierna kan de zenuwcel opnieuw impulsen geleiden.

▼ **Afb. 40** Het verloop van de actiefase in een zenuwcel.

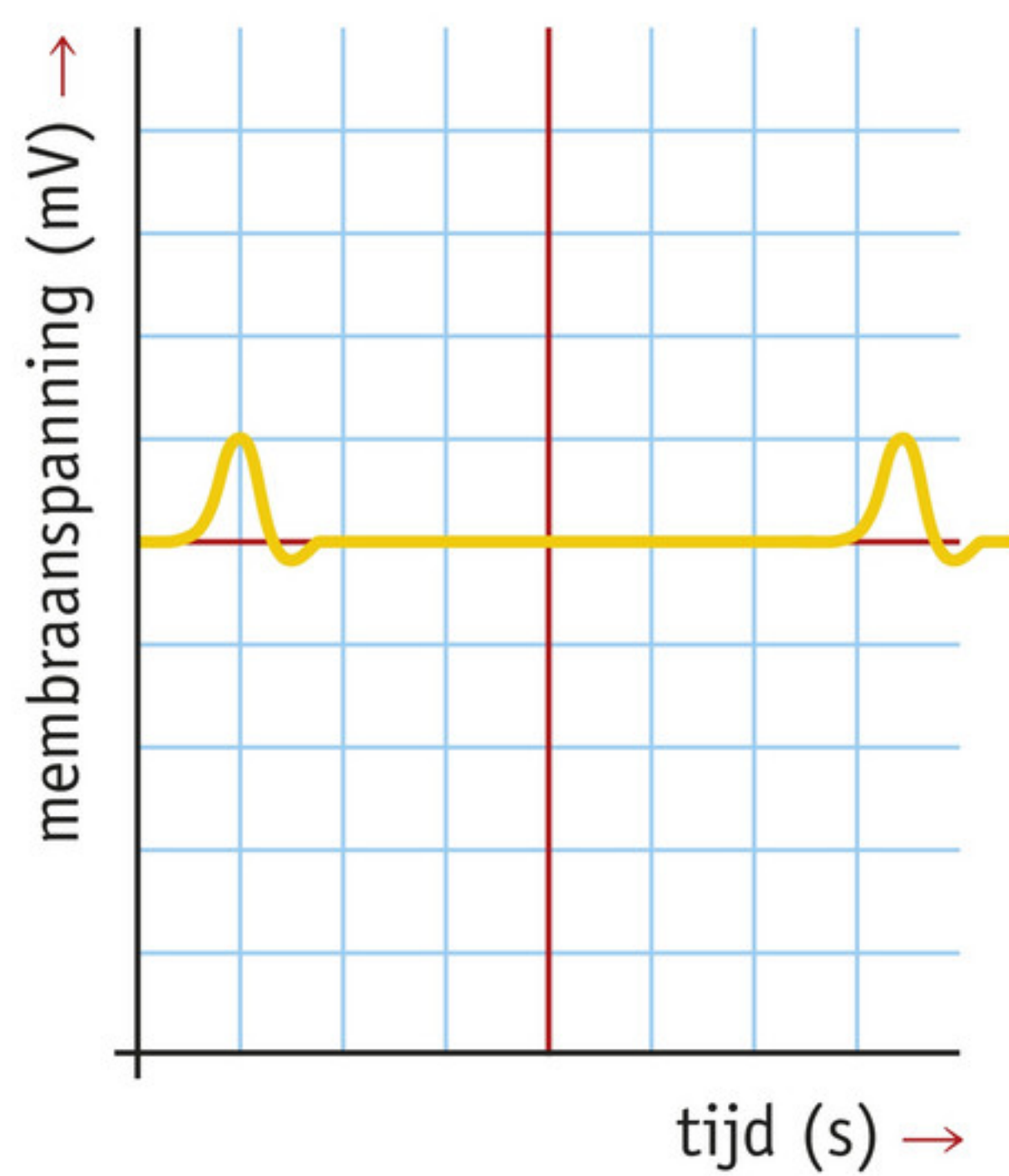


IMPULSTERKTE EN IMPULSFREQUENTIE

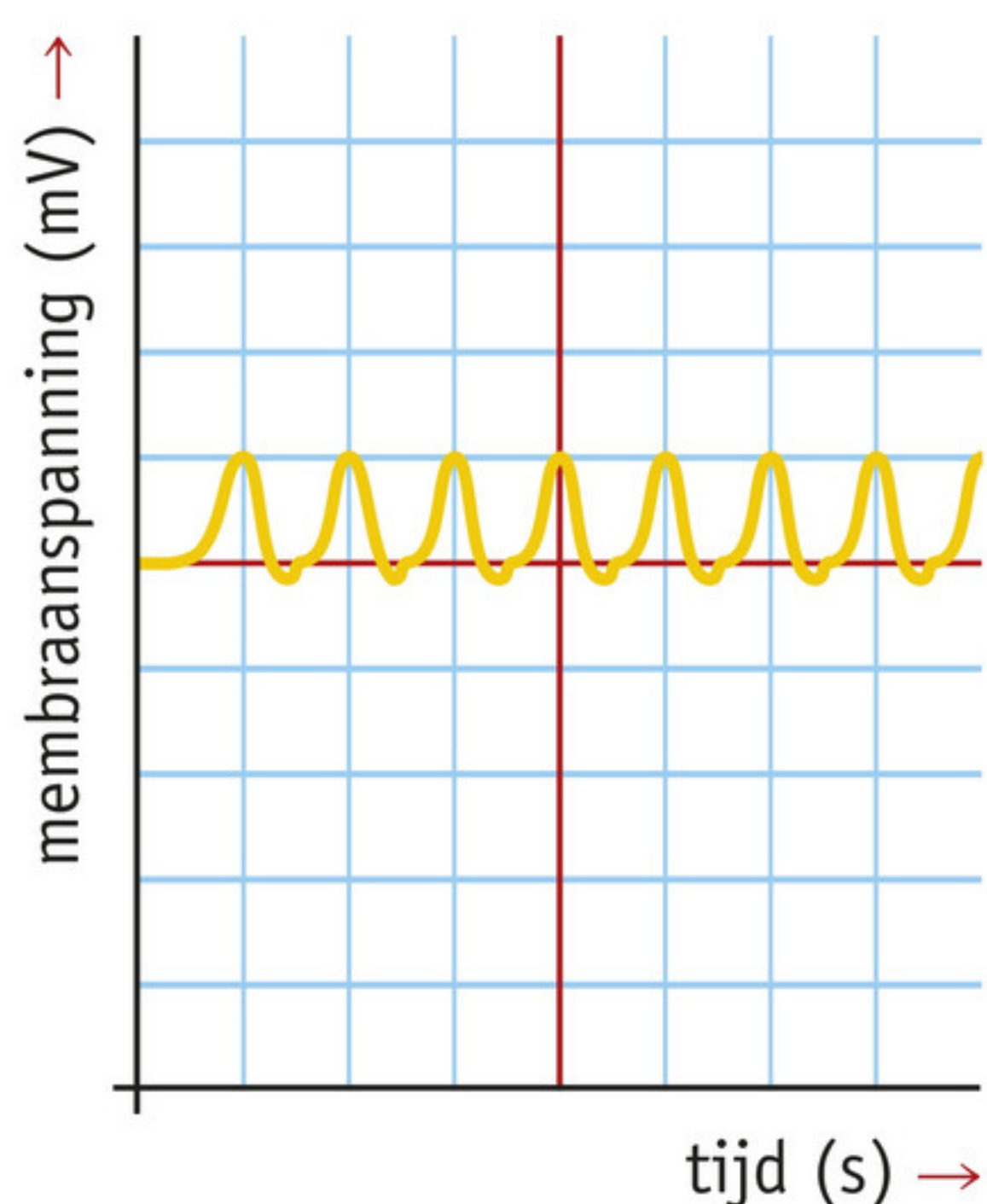
De omzetting van een prikkel in een impuls gebeurt volgens het **alles-of-nietsprincipe**. Bij een heel zwakke prikkel kan een zenuwcel het verschil in elektrische lading van het celmembraan handhaven. Er gaan dan te weinig Na^+ -kanalen open waardoor er onvoldoende Na^+ -ionen naar binnen kunnen stromen en de drempelwaarde van -50 mV niet wordt gehaald. De prikkelsterkte ligt onder de drempelwaarde. Deze drempelwaarde noem je de **prikkeldrempel**. Dit is de kleinste sterkte van een prikkel die een impuls veroorzaakt.

Als een prikkel sterk genoeg is, gaan er zoveel Na^+ -kanalen open dat er voldoende Na^+ -ionen naar binnen stromen en de drempelwaarde van -50 mV wordt bereikt. De zenuwcel kan het verschil in elektrische lading van het celmembraan niet meer handhaven waardoor een impuls ontstaat in de zenuwcel.

▼ **Afb. 41** Impulsgeleiding in een zenuwcel.



1 impulsfrequentie na een zwakke prikkel



2 impulsfrequentie na een sterke prikkel

► **Afb. 42** Impulsgeleiding in een uitloper van een zenuwcel zonder myelineschede (schematisch).

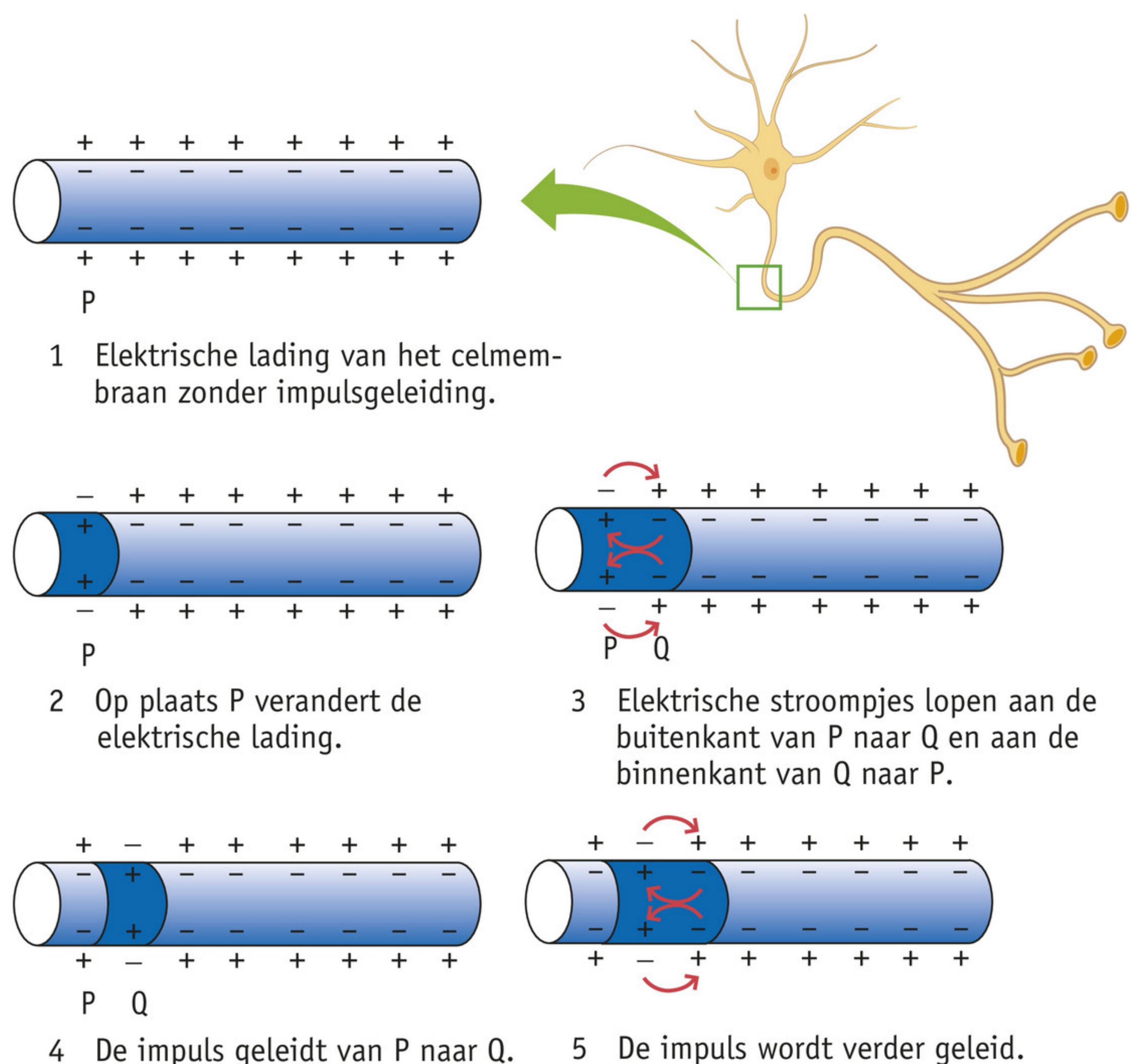
De grootte van de verandering die optreedt in de elektrische lading van het celmembraan, is de **impulssterkte**. De impulssterkte is voor alle zenuwcellen gelijk. Er is bijvoorbeeld geen verschil tussen de impulssterkte in een bewegingszenuwcel in je linkerbeen en de impulssterkte in een gevoelszenuwcel in je linkerarm.

Zintuigcellen verwerken prikkels die in sterkte kunnen verschillen. Een geluid kan bijvoorbeeld hard of zacht zijn. Door een sterkere prikkel ontstaan er meer impulsen. Het aantal impulsen dat per tijdseenheid (bijvoorbeeld per seconde) door een zenuwcel geleidt, is de **impulsfrequentie**. Wanneer je oren een hard geluid opvangen, worden veel impulsen per seconde door de gevoelszenuwcellen in je gehoorzenuwen geleid. De impulsfrequentie is dan hoog. Wanneer je oren een zacht geluid opvangen, is de impulsfrequentie laag. Hoe sterker de prikkel, hoe hoger de impulsfrequentie is (zie afbeelding 41).

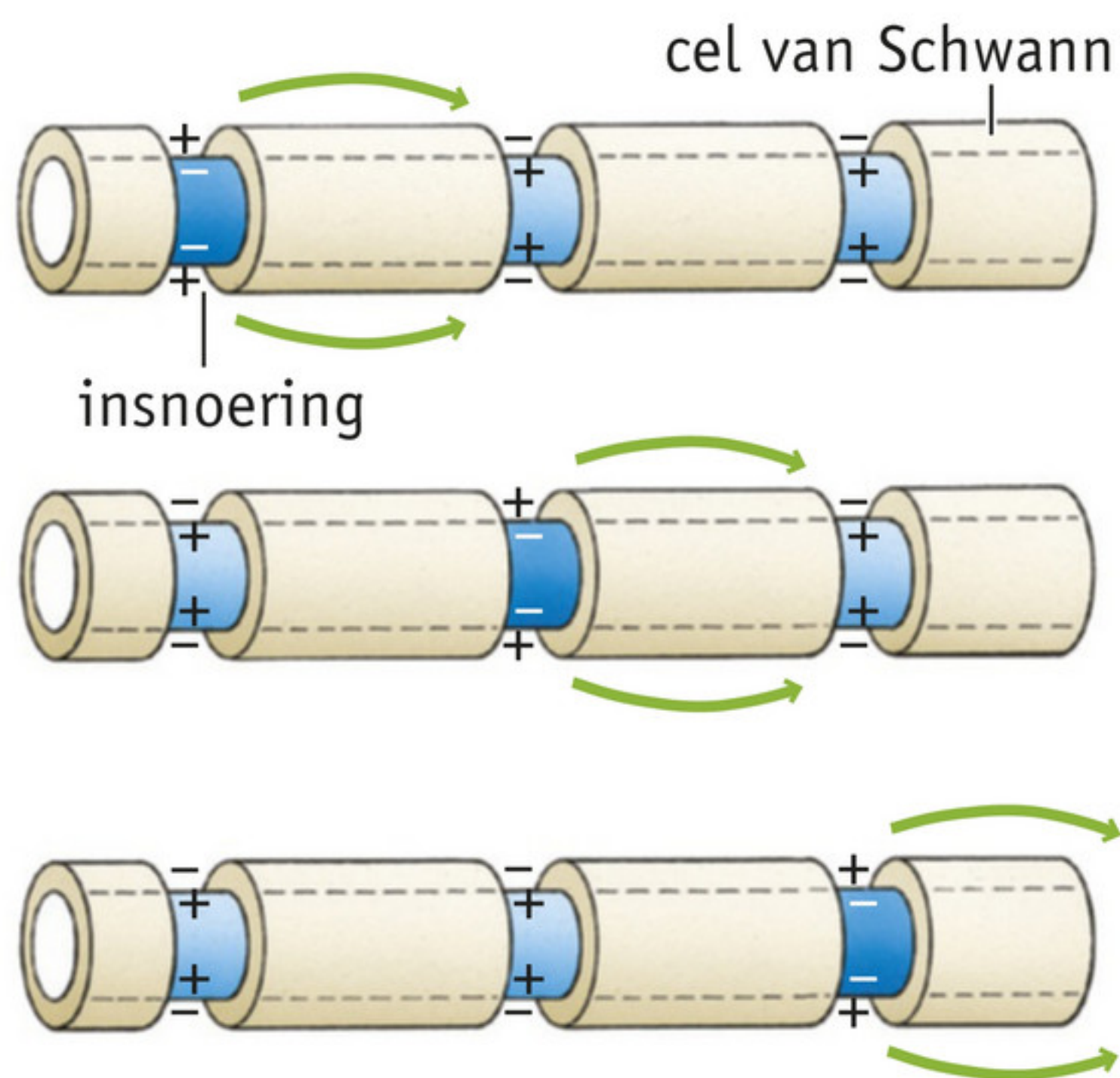
Ook in bewegingszenuwcellen kan de impulsfrequentie variëren. Hoe hoger de impulsfrequentie in bewegingszenuwcellen, hoe krachtiger de samentrekking van spieren of hoe groter de afgifte van stoffen door klieren.

IMPULSGELEIDING IN EEN ONGEMYELINISEERDE UITLOPER

Afbeelding 42 geeft weer hoe een impuls geleidt in een ongemyeliniseerde uitloper van een zenuwcel. Afbeelding 42.1 stelt de uitloper in rust voor. In afbeelding 42.2 is de elektrische lading van plaats P veranderd waardoor deze plaats in de actiefase van een impuls verkeert. De verandering van elektrische lading heeft tot gevolg dat er elektrische stroompjes lopen aan de binnen- en buitenkant van het celmembraan. Hierdoor keert de oorspronkelijke elektrische lading op plaats P terug. Hier sluiten de Na^+ -kanalen en openen de K^+ -kanalen. Op plaats Q verandert de elektrische lading en wordt de drempelwaarde bereikt. Hierdoor openen de Na^+ -kanalen op plaats Q waardoor de impuls zich verplaatst van P naar Q. Hierna wordt de impuls vanaf plaats Q op dezelfde manier verder geleid langs het celmembraan.



▼ **Afb. 43** Spronggewijze impulsgeleiding in een gemyeliniseerd axon.



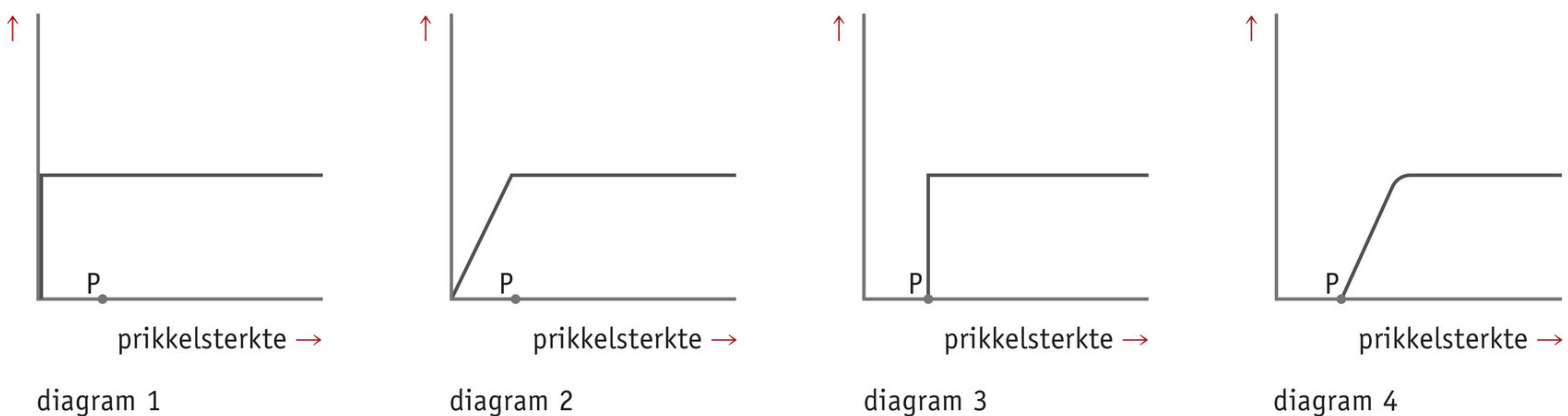
SPRONGGEWIJZE IMPULSGELEIDING

Bij een axon dat is omgeven door een myelineschede, kan alleen bij de insnoeringen ionentransport plaatsvinden. Daardoor kan alleen op deze plaatsen de elektrische lading van het celmembraan heel even veranderen. Hierdoor 'springt' een impuls als het ware van insnoering naar insnoering. Je noemt deze manier van impulsgeleiding **spronggewijze impulsgeleiding** (zie afbeelding 43). Deze impulsgeleiding verloopt wel 50× zo snel als de impulsgeleiding in een uitloper van een zenuwcel zonder myelineschede.

opdrachten

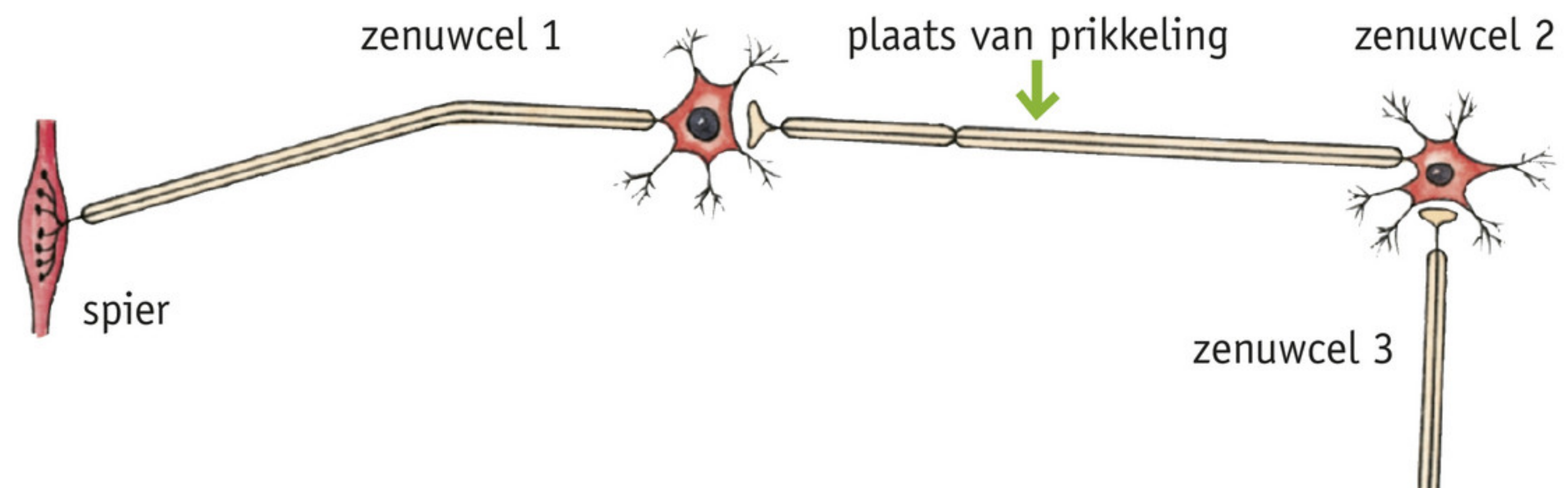
- 36 Een zenuwcel die geen impuls geleidt, gebruikt toch energie.
- Leg dit uit.
 - Voor een bepaalde zenuwcel duren zowel de actiefase als de herstelfase 2 ms.
Hoe groot is de maximale impulsfrequentie in deze zenuwcel per seconde?
- 37 Je balt je rechtermuist.
- Verandert hierdoor de impulssterkte in zenuwcellen in je rechterarm? Zo ja, hoe?
 - En verandert hierdoor de impulsfrequentie? Zo ja, hoe?
 - Je steekt in het donker een kaars aan.
Wordt hierdoor de impulsfrequentie in de gevoelszenuwcellen in je oogzenuwen verhoogd of verlaagd?
- 38 Bij mensen met MS (multipale sclerose) zijn de myelinescheden van axonen beschadigd en daardoor verloopt de impulsgeleiding veel langzamer. Leg dit uit.
- 39 Aan een zenuwcel worden kunstmatig prikkels met toenemende prikkelsterkte toegediend. De impulssterkte en de impulsfrequentie worden gemeten. In afbeelding 44 zijn de resultaten in diagrammen weergegeven.
- In welk diagram is het verband tussen prikkelsterkte en impulssterkte juist weergegeven?
 - In welk diagram is het verband tussen prikkelsterkte en impulsfrequentie juist weergegeven?

▼ **Afb. 44** Meting impulssterkte en impulsfrequentie.



- 40 In afbeelding 45 zijn twee zenuwcellen geheel en één zenuwcel gedeeltelijk getekend. Zenuwcel 1 geleidt impulsen naar een spier. Het axon van zenuwcel 2 wordt kunstmatig geprikkeld, waardoor een impuls ontstaat.
- Wat voor type zenuwcel is zenuwcel 1?
 - Kunnen de impulsen aankomen in de cellichamen van zenuwcellen 1, 2 en/of 3? Leg je antwoord uit.

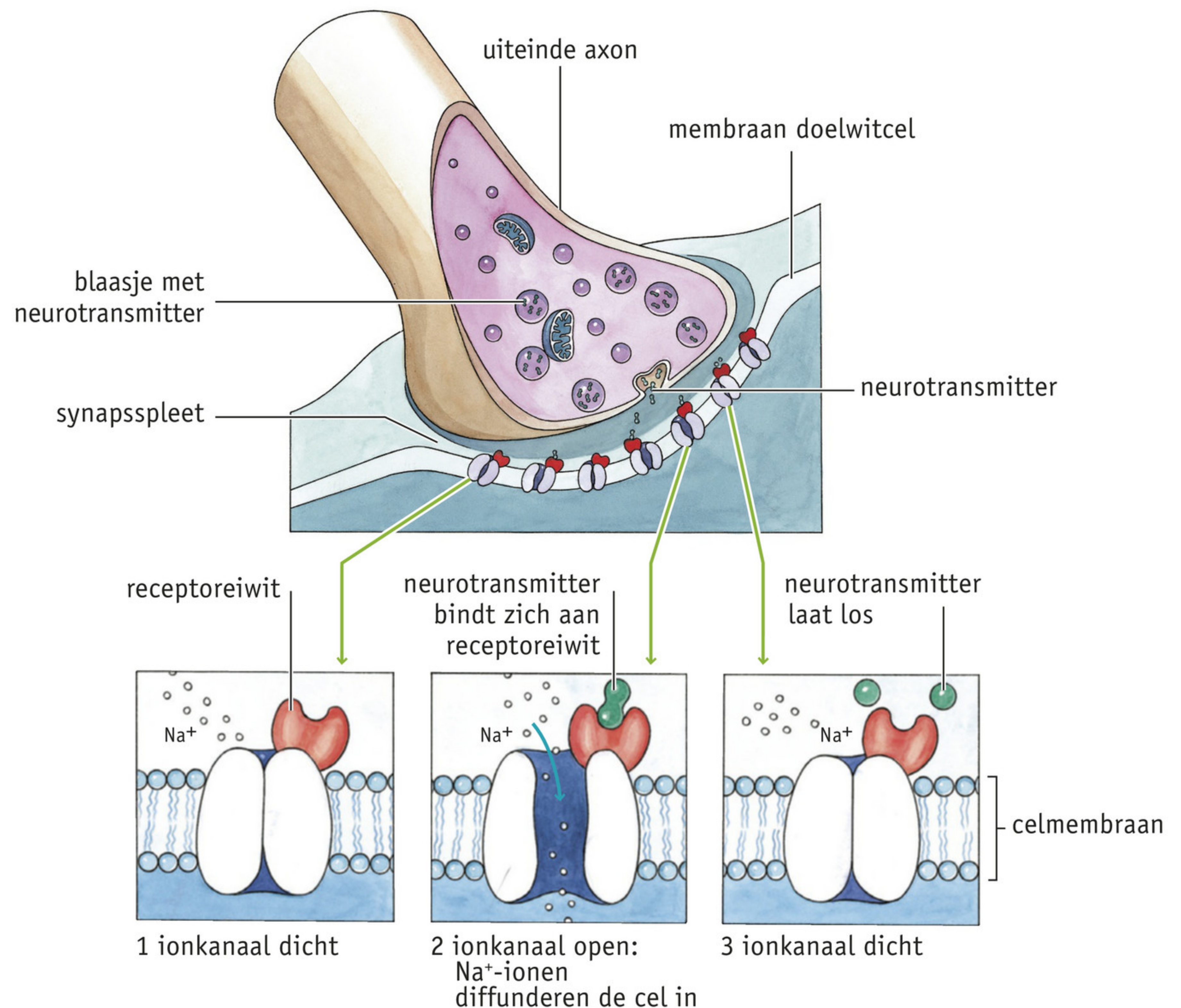
► Afb. 45 Zenuwcellen.



NEUROTRANSMITTERS EN IMPULSOVERDRACHT

De **impulsoverdracht** van een zenuwcel naar een andere zenuwcel, spiercel of kliercel gebeurt met neurotransmitters die vrijkomen uit het uiteinde van een axon. Als er een impuls aankomt, komen er neurotransmittermoleculen in de synaptische spleet terecht. De neurotransmittermoleculen binden aan receptoreiwitten op de ionkanalen in het membraan van de doelwitcel. Hierdoor openen de ionkanalen en diffunderen Na^+ -ionen de cel in (zie afbeelding 46).

► Afb. 46 Impulsoverdracht (schematisch).



Er zijn meer dan vijftig verschillende stoffen die functioneren als neurotransmitter. Vooral in de hersenen komen veel verschillende neurotransmitters voor. Stoffen zoals geneesmiddelen, genotmiddelen en drugs beïnvloeden de impulsoverdracht. De aanmaak of de afgifte van neurotransmitters in het uiteinde van een axon wordt door deze stoffen gestimuleerd of geremd. Sommige stoffen zorgen ervoor dat neurotransmitters langer aanwezig blijven in de synaptische spleet doordat de neurotransmitters niet worden afgebroken of niet terug worden opgenomen in het axon. Er zijn ook stoffen die een neurotransmitter imiteren door te binden aan hetzelfde receptoreiwit. Afhankelijk van de werking van een stof kan de impulsoverdracht worden geremd of gestimuleerd. Het effect hangt af van het type neurotransmitter dat wordt beïnvloed, van de gebieden in de hersenen waar deze neurotransmitter voorkomt en de functie die dit hersengebied vervult.

opdracht

- 41 Neurotransmittermoleculen afkomstig van het axon zijn vrijgelaten in de synaptische spleet (zie afbeelding 46).
- a Wanneer kan de doelwitcel een impuls doorgeven?
 - b Endorfinen zijn neurotransmitters die bij de mens pijn onderdrukken doordat ze de impulsoverdracht remmen. Ze zorgen ook voor een gelukzalige roes. Morfine is een stof die endorfine imiteert. Leg uit dat morfine wordt gebruikt als pijnbestrijder.

CONTEXT

Leefwereld

Honing en straatvuil

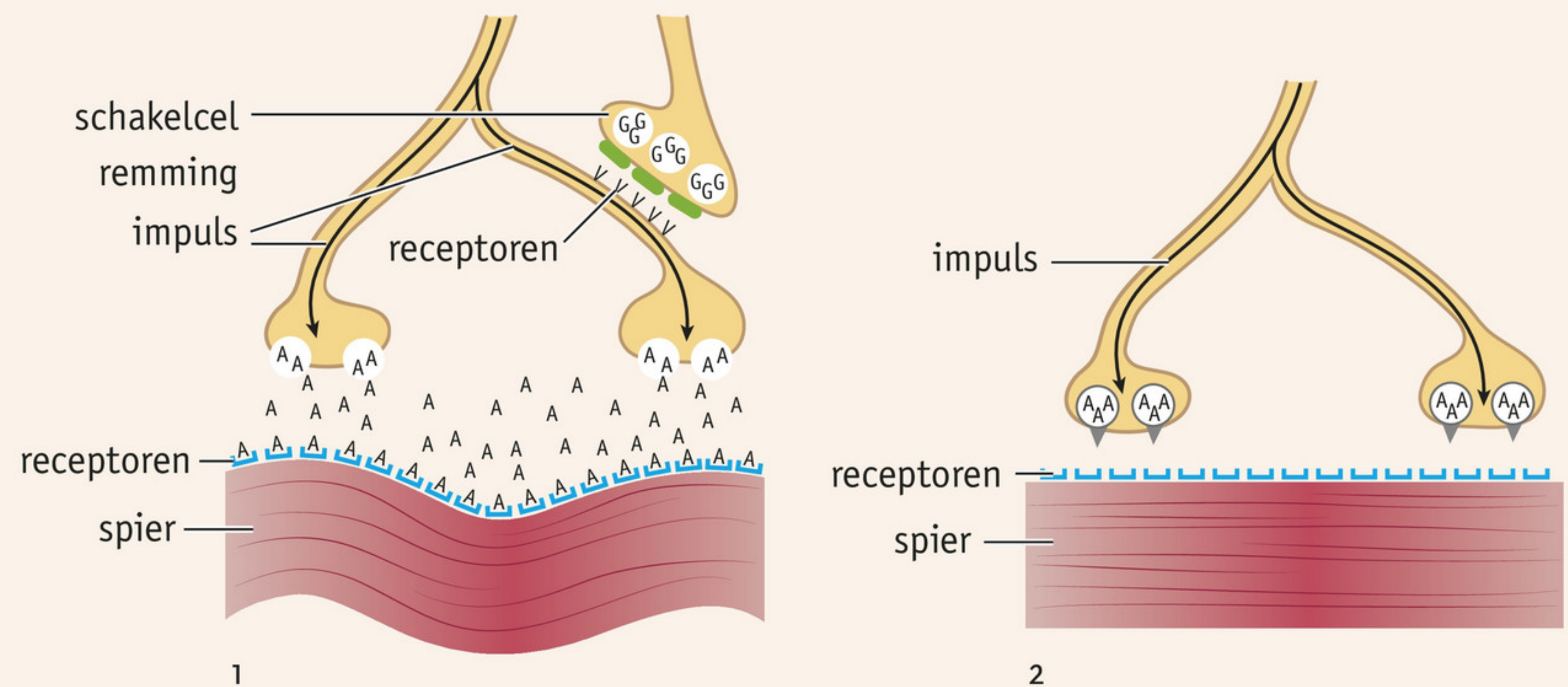
Een beetje honing op een speen lijkt een goede methode om een huilende baby rustig te krijgen. Maar voor baby's kan dit levensgevaarlijk zijn. De honing kan namelijk besmet zijn met de bacterie *Clostridium botulinum*. In het darmkanaal van baby's kunnen de bacteriën zich vermenigvuldigen en de gifstof botuline gaan produceren. Botuline is een neurotoxine: een stof die de werking van het zenuwstelsel kan beïnvloeden. Botuline hecht aan het membraan van bewegingszenuwcellen en voorkomt dat blaasjes met de neurotransmitter acetylcholine versmelten met het celmembraan. Hierdoor komt geen acetylcholine vrij in de synaptische spleet en wordt er geen impuls overgebracht op een spier.

Clostridium tetani komt voor in aarde en straatvuil. Wanneer je valt en een wond hebt, kan de bacterie in je lichaam terechtkomen. De bacterie produceert het neurotoxine tetanustoxine. Normaal gesproken remt glycine uit schakelzenuwcellen de afgifte van blaasjes met acetylcholine waardoor een spier die is samengetrokken, kan ontspannen. Tetanustoxine blokkeert het vrijkomen van de neurotransmitter glycine uit een zenuwcel. Hierdoor blijft het uiteinde van een axon van een bewegingszenuwcel acetylcholine afgeven in de synaptische spleet en blijft een spier samengetrokken.

opdracht

- 42** Afbeelding 47 laat zien hoe tetanustoxine en botuline de afgifte van de neurotransmitter acetylcholine kunnen beïnvloeden.
- a** Welke afbeelding geeft de werking van het neurotoxine botuline weer? Leg je antwoord uit.
- b** Botox is een verdunning van botuline. Het wordt onder andere gebruikt om rimpelvorming in het gezicht te voorkomen. Rimpels kunnen ontstaan doordat iemand vaak bepaalde gelaatsspieren gebruikt, bijvoorbeeld bij fronsen.
Hoe kan het gebruik van botox rimpelvorming in het gezicht voorkomen?
- c** Curare is een verzamelnaam voor neurotoxinen die afkomstig zijn van planten en binden aan de receptoreiwitten voor acetylcholine. Tetanus kan worden behandeld met curare. Leg dit uit.
- d** Een patiënt met tetanus die curare krijgt toegediend, wordt beademd. Leg dit uit.

► **Afb. 47** De werking van neurotoxinen.



Leerdoelen

- Je kunt de bouw en werking van spieren beschrijven.
- Je kunt de effecten van training en dopinggebruik uitleggen.
- Je kunt de uitvoering van een onderzoek en de conclusies evalueren.

6 Spieren en beweging

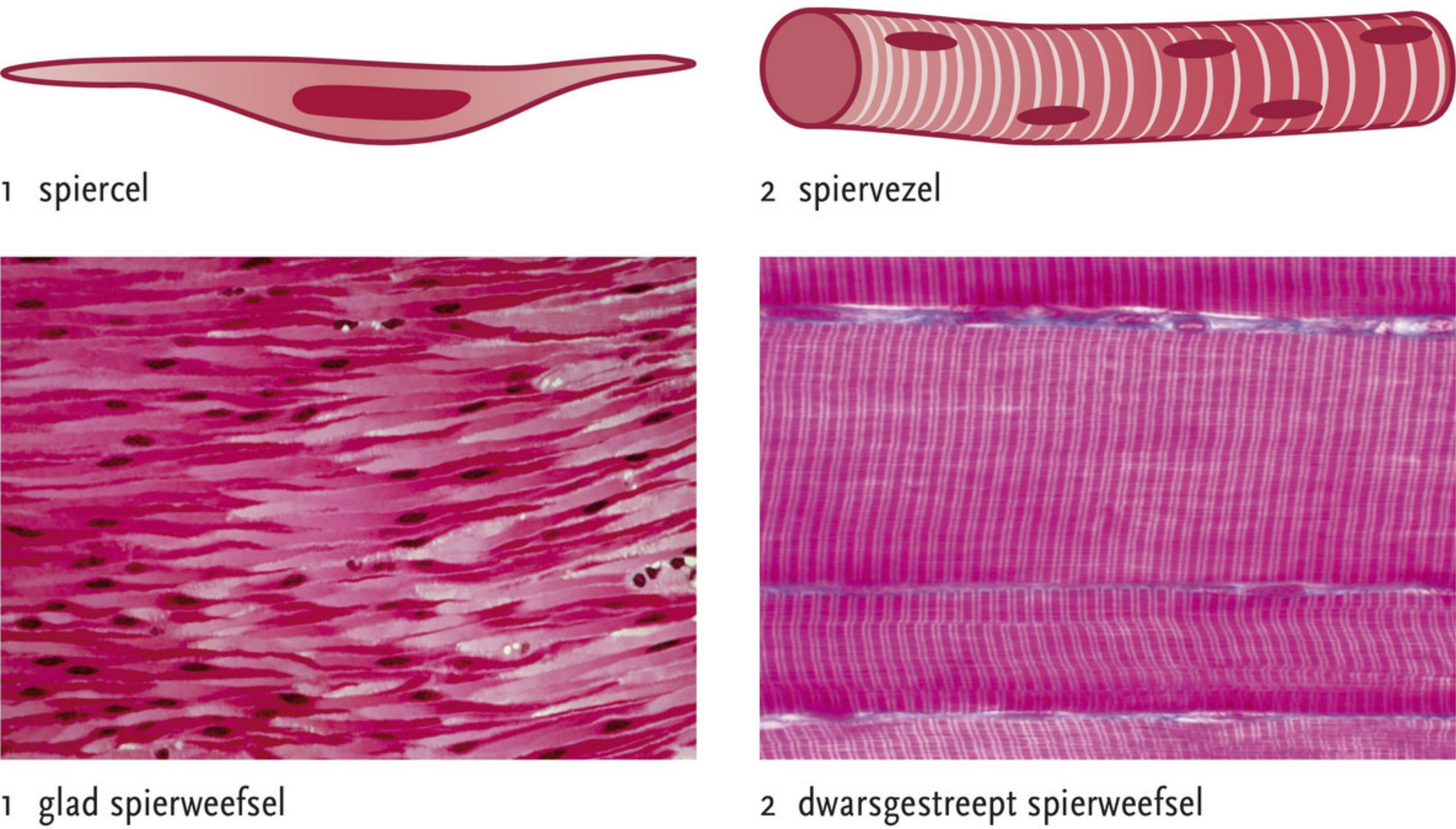
Veel organismen kunnen bewegen van de ene naar de andere plaats door bijvoorbeeld te lopen, rennen, kruipen, springen, hippen, vliegen of zwemmen. Hoe brengen zij hun skelet met behulp van spieren in beweging?

TYPEN SPIERWEEFSEL

Als impulsen van bewegingszenuwcellen aankomen bij een spier kan deze samentrekken en daardoor een beweging tot stand brengen. Spieren spelen bovendien een rol bij de lichaamshouding en bij de warmteproductie in het lichaam.

Bij de mens komt glad en dwarsgestreept spierweefsel voor. **Glad spierweefsel** bestaat uit langwerpige spiercellen, elk met een celkern (zie afbeelding 48.1). Het komt voor in de huid en in de wand van buisvormige of holle organen zoals het darmkanaal, de vertakkingen in de longen, de iris en de bloedvaten. Glad spierweefsel wordt geïnnerveerd door het autonome zenuwstelsel. De samentrekking van glad spierweefsel verloopt trager dan van dwarsgestreept spierweefsel, maar de spiercellen van glad spierweefsel raken niet snel vermoeid. **Dwarsgestreept spierweefsel** bestaat uit **spiervezels** die zijn ontstaan door versmelting van vele spiercellen (zie afbeelding 48.2). Een spiervezel bevat daardoor veel celkernen. Met een microscoop zijn bij deze spiervezels dwarse strepen te zien. De meeste dwarsgestreepte spieren zitten vast aan delen van het skelet (skeletspieren). Sommige dwarsgestreepte spieren zitten met één of beide uiteinden vast aan de huid, zoals de gelaatsspieren. Dwarsgestreept spierweefsel wordt geïnnerveerd door het animale zenuwstelsel en het samentrekken verloopt snel. De spiervezels raken snel vermoeid.

► **Afb. 48** Spierweefsel.



opdrachten

- 43** Maak een tabel met twee kolommen. Zet boven de ene kolom “Bevat glad spierweefsel” en boven de andere kolom “Bevat dwarsgestreept spierweefsel”. Vul de tabel in. Kies uit: *aorta – armbuigspier – baarmoeder – blaas – buikspieren – dijspier – eileiders – kauwspieren – kuitspier – urinewegen – zaadleiders.*

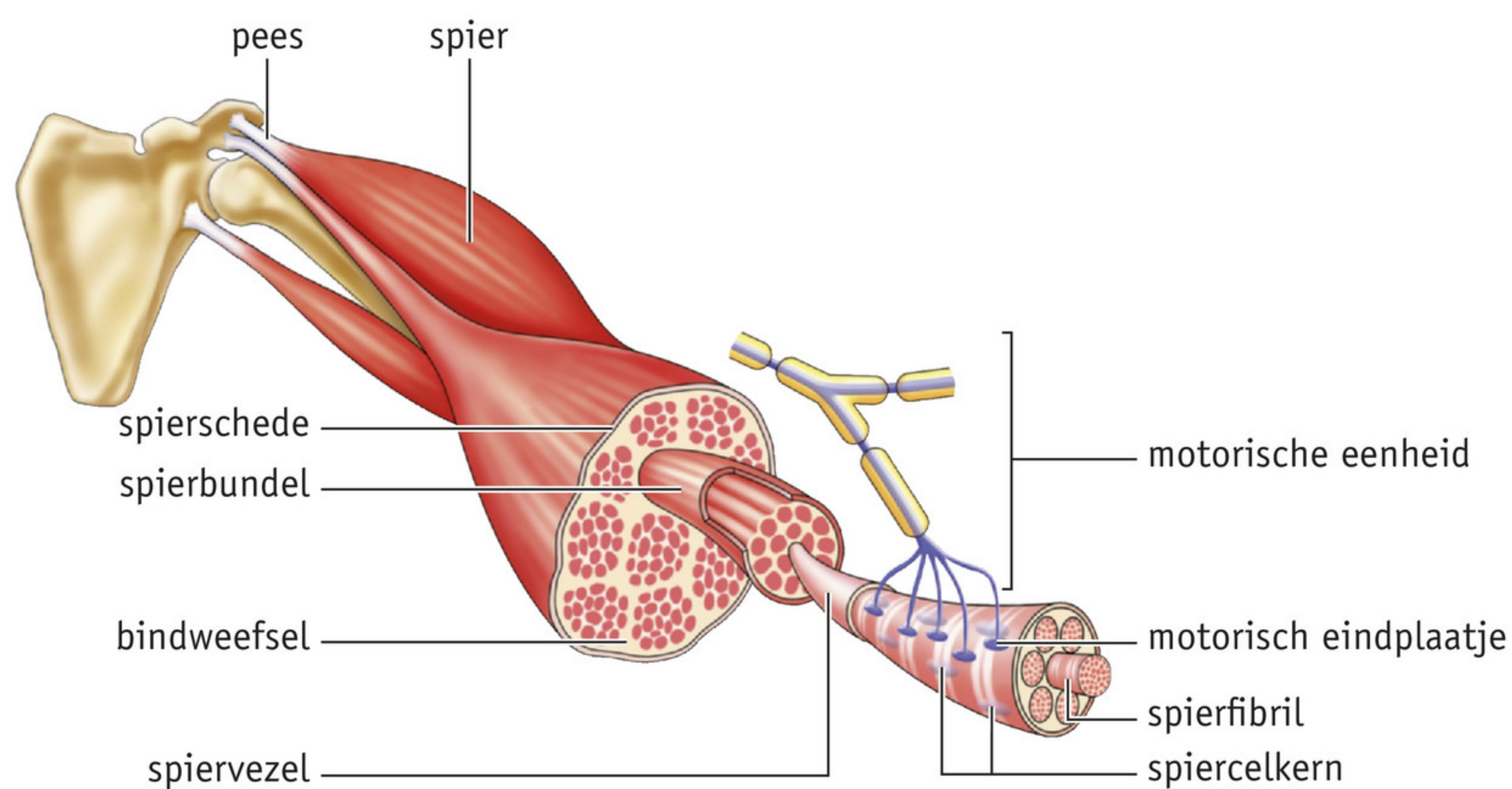
- 44 Bij de ziekte ALS (amyotrofische laterale sclerose) sterven bewegingszenuwcellen in het ruggenmerg, de hersenstam en de bewegingscentra af waardoor spieren waarmee je bewuste bewegingen maakt geen impulsen meer ontvangen. Hierdoor worden de spieren dunner en treedt er krachtverlies op (spieratrofie) wat uiteindelijk leidt tot verlamming. Waardoor wordt het spierweefsel van het hart, de blaas en de darmen bij ALS niet aangetast?

► PRACTICUMOPDRACHT 4

SKOLETSPIEREN

In afbeelding 49 is de bouw van een skeletspier schematisch getekend. Een skeletspier is omgeven door een **spierschede** van bindweefsel. Aan de uiteinden van de spier gaat het bindweefsel van de spierschede over in het bindweefsel van **pezen**. Skeletspieren zijn met pezen bevestigd aan delen van het skelet. Een skeletspier bestaat uit een aantal **spierbundels** die elk ook weer zijn omgeven door een laag bindweefsel. Een spierbundel bestaat uit een aantal spiervezels. Op de spiervezels bevinden zich **motorische eindplaatjes** (zie afbeelding 50). Dat zijn de uiteinden van de vertakkingen van een axon van een bewegingszenuwcel. De fijne vertakkingen lopen naar de motorische eindplaatjes op verschillende spiervezels. De meeste spiervezels hebben één motorisch eindplaatje. De motorische eindplaatjes zorgen voor de impulsoverdracht naar een spiervezel. Eén bewegingszenuwcel vormt samen met alle spiervezels die via motorische eindplaatjes in verbinding staan met deze zenuwcel, een **motorische eenheid**. De vezels van een motorische eenheid trekken allemaal samen wanneer er een impuls wordt afgegeven door de bewegingszenuwcel. Dit noem je ook wel **spiercontractie**.

► **Afb. 49** De bouw van een skeletspier.

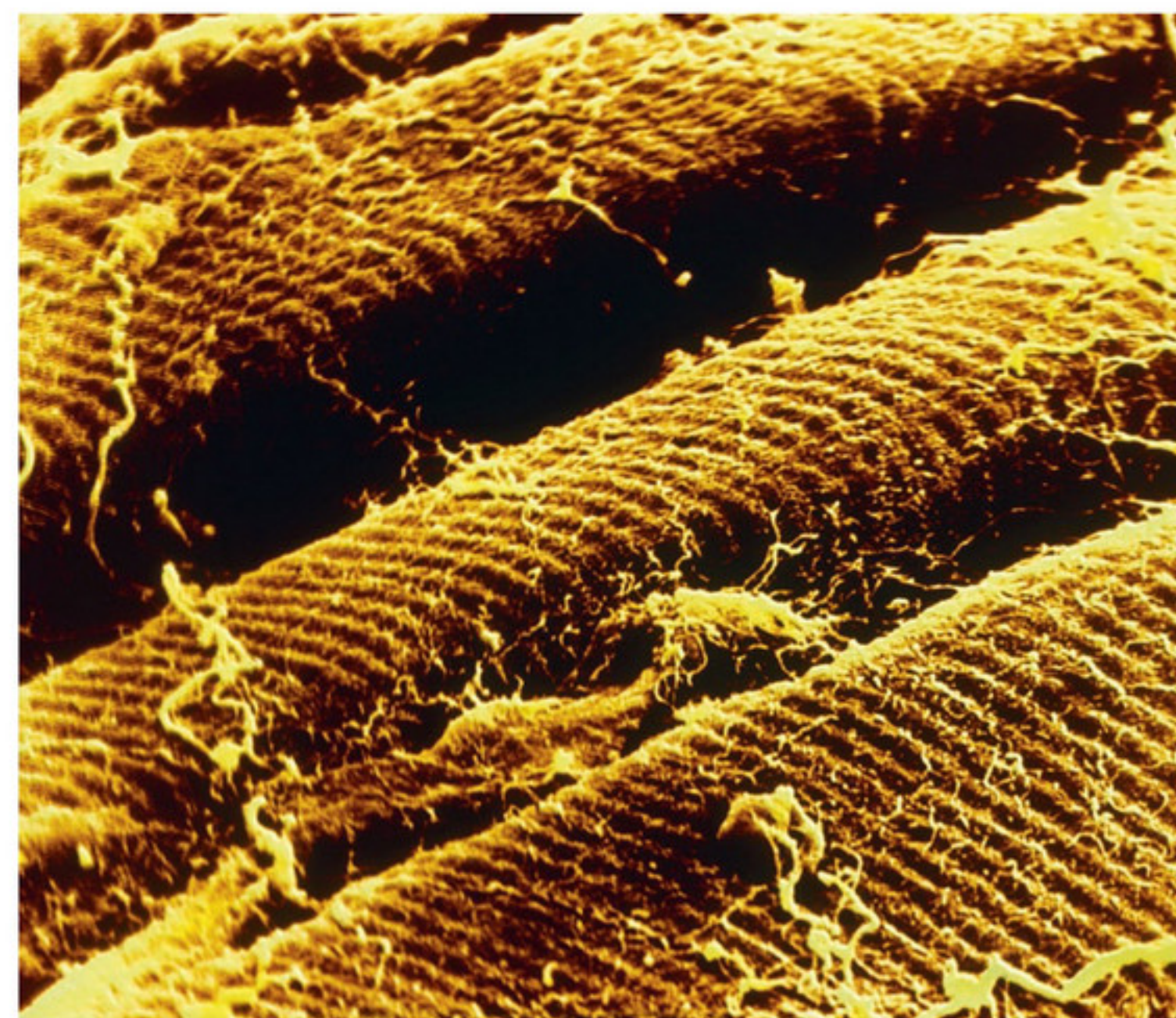


► **Afb. 50** Spiervezels met motorische eindplaatjes.

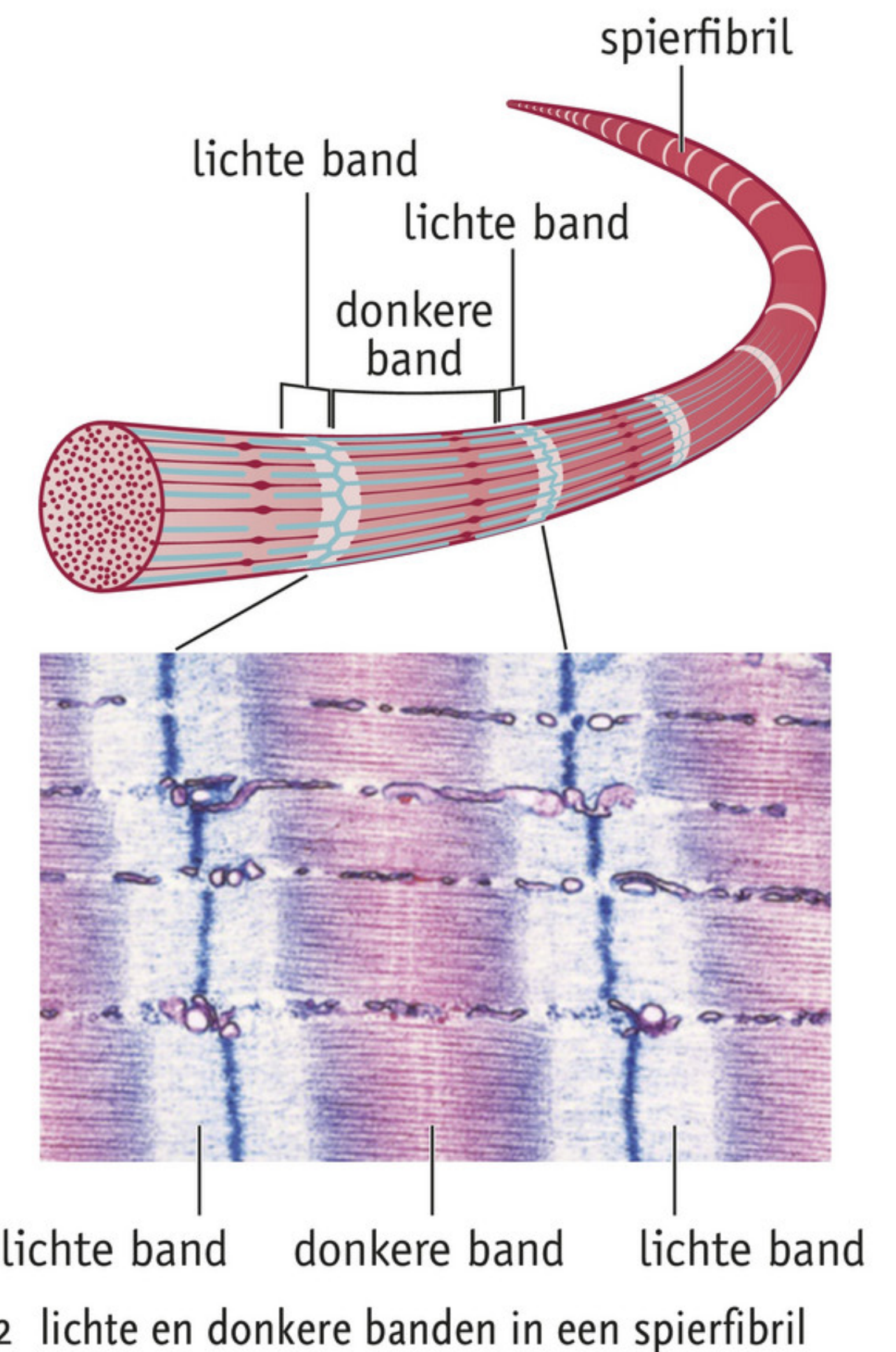


Met een elektronenmicroscop is in een spiervezel een groot aantal **spierfibrillen** zichtbaar (zie afbeelding 51.1). Tussen de spierfibrillen bevinden zich veel mitochondriën en glycogeenkorrels. In glycogeenkorrels ligt glycogeen opgeslagen. Elke spierfibril bestaat uit een groot aantal eiwitdraden die je **filamenten** noemt. De dunne filamenten bestaan uit het eiwit **actine** en de dikke filamenten bestaan uit het eiwit **myosine**. De actine- en myosinefilamenten liggen in een regelmatig patroon gerangschikt. Hierdoor is in een spiervezel onder de microscoop een dwarse streping zichtbaar van lichte en donkere banden (zie afbeelding 51.2).

► **Afb. 51** Spierfibrillen.



1 EM-foto, vergroting 35 000×



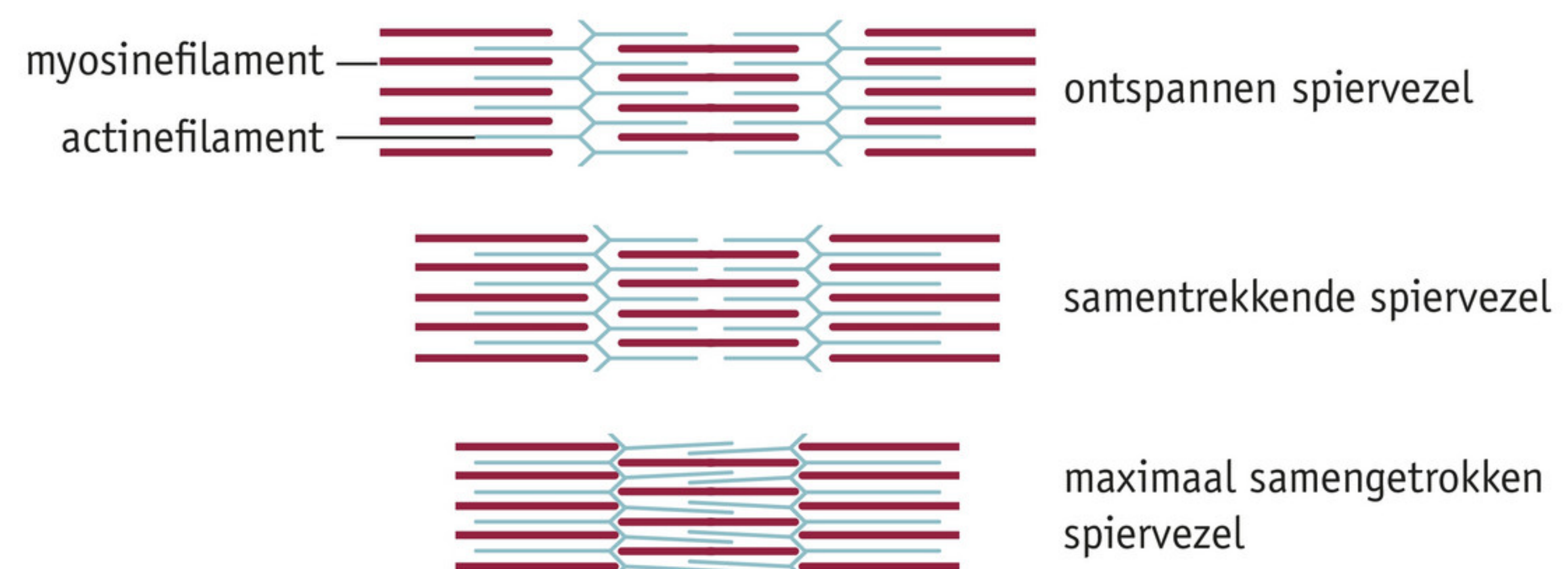
2 lichte en donkere banden in een spierfibril

SAMENTREKKEN VAN SPIEREN

Als impulsen via een motorisch eindplaatje in een spiervezel aankomen, schuiven de actine- en myosinefilamenten in elkaar. Hierdoor wordt de spiervezel korter. De lichte banden van de dwarse streping worden dan zeer smal. De donkere banden blijven even breed.

Voor het in elkaar schuiven van de actine- en myosinefilamenten is energie nodig (zie afbeelding 52). Die energie komt vooral vrij door verbranding van glucose. Het glycogeen dat is opgeslagen in de glycogeenkorrels, wordt onder invloed van glucagon omgezet in glucose.

► **Afb. 52** Het samentrekken van een deel van een spierfibril (schematisch).



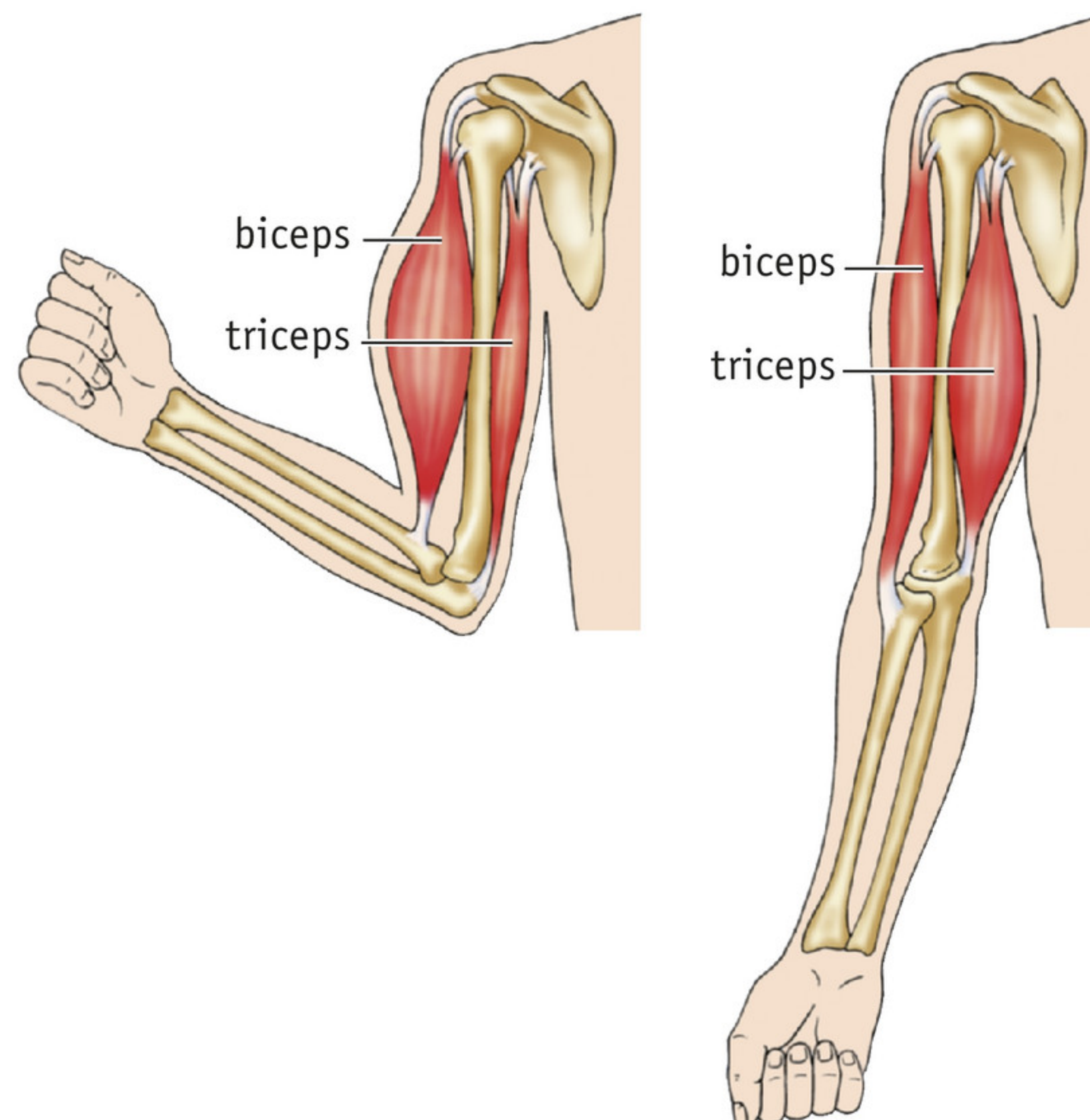
opdrachten

- 45 a Zet de volgende begrippen in de juiste volgorde van klein naar groot:
filament – spier – spierbundel – spierfibril – spiervezel.
- b Met een microscoop is te zien dat een dwarsgestreepte spiervezel bestaat uit afwisselend donkere en lichte banden.
Bevinden zich in de lichte banden actine- of myosinefilamenten? En in de donkere banden?
- 46 Spieren leveren een belangrijke bijdrage aan het op peil houden van de lichaamstemperatuur bij warmbloedige dieren.
- a Leg dat uit.
- b Wat is de functie van de glycogeenkorrels tussen de spierfibrillen?
- c De ziekte van Leigh is een aandoening waarbij de mitochondriën niet goed functioneren. De eerste symptomen van de ziekte zijn een slechte motorische ontwikkeling en stijve spieren.
Waardoor functioneren bij een patiënt met de ziekte van Leigh de spieren niet goed?
- 47 Het aantal spiervezels dat deel uitmaakt van één motorische eenheid is per spier verschillend. Dit hangt samen met de nauwkeurigheid van de bewegingen van de spier.
- a Hebben de motorische eenheden in een spier meer of minder spiervezels wanneer de spier fijne bewegingen moet uitvoeren? Leg je antwoord uit.
- b Is het aantal spiervezels in één motorische eenheid in een oogspier groter of kleiner dan in één motorische eenheid in een dijspier? Leg je antwoord uit.

ANTAGONISTEN

Een spier kan een been maar in één richting bewegen. Er is een andere spier nodig voor de tegengestelde beweging. **Antagonisten** zijn spieren waarvan de samentrekking een tegengesteld effect heeft, bijvoorbeeld de biceps en de triceps in de bovenarm (zie afbeelding 53). Door samentrekking van de biceps buigt de arm. Tegelijkertijd ontspant de triceps. De biceps ondervindt zo minder weerstand bij het buigen van de arm.

► **Afb. 53** Antagonisten in de bovenarm.



▼ Afb. 54 Training.



1 training op kracht



2 training op uithoudingsvermogen

▼ Afb. 55 Striae door een snelgroeïende spiermassa.



LICHAAMSBEWEGING EN TRAINING

Regelmatige lichaamsbeweging houdt je spieren in een goede conditie. Ze raken daardoor minder snel geblesseerd en de kans op bepaalde ziekten (bijvoorbeeld hart- en vaatziekten en diabetes mellitus) wordt kleiner.

Door training kunnen de skeletspieren betere prestaties leveren. Door **krachttraining** krijgen de spieren meer spiercellen en neemt het aantal filamenten in de spierfibrillen toe. De spieren worden dan zwaarder (zie afbeelding 54.1). Bij **duurtraining** train je op uithoudingsvermogen en neemt vooral de doorbloeding van de spieren toe. De spieren worden dan niet zwaarder (zie afbeelding 54.2). Door een training te beginnen met een **warming-up** stimuleer je de bloedsomloop. Daardoor zijn je spieren goed doorbloed. Ze zijn dan minder kwetsbaar dan koude, stijve spieren. Dit voorkomt veel blessures. Ook de stofwisselingsprocessen verlopen dan sneller. Je spieren komen gemakkelijker aan de benodigde zuurstof en glucose waardoor je minder afvalstoffen produceert en ook minder last hebt van spierpijn. Ook de impulsgeleiding neemt toe en dat bevordert je reactievermogen. Een goede warming-up duurt vijftien minuten en begint eenvoudig en rustig met bijvoorbeeld lopen. Door spierversterkende oefeningen en rekoefeningen te doen wordt de warming-up steeds intensiever.

Met een **cooling-down** zorg je ervoor dat je lichaam na het sporten weer tot rust komt en goed kan herstellen. Door rustig te lopen, huppelen of wandelen gaat je hartslag geleidelijk weer omlaag tot een normale hartslag in rust. Tijdens het sporten gaat er relatief veel bloed naar je spieren. Door een cooling-down past je bloedcirculatie zich weer aan en krijgen je andere lichaamsdelen weer meer bloed. Als je na een intensieve inspanning plotseling stopt, kun je duizelig worden doordat je bloedcirculatie dan niet rustig heeft kunnen herstellen. Je sluit een cooling-down af met rekoefeningen en een douche waarbij je warm en lauw water afwisselt. Dit bevordert de afvoer van afvalstoffen uit de spieren en voorkomt daardoor stijfheid en spierpijn.

DOPING

Sommige sporters gebruiken **doping** om hun sportieve prestaties te bevorderen. Spierversterkende middelen bevatten vaak **anabole steroïden**. De werking is vergelijkbaar met de werking van testosteron. Anabole steroïden zetten het lichaam aan om meer spierweefsel te vormen zodat de spiermassa van een sporter toeneemt. Anabole steroïden stimuleren ook de aanmaak van rode bloedcellen waardoor het bloed meer zuurstof kan transporteren, wat nodig is voor de verbranding. Dit vergroot het **uithoudingsvermogen** van een sporter. Dat is het vermogen om gedurende lange tijd een lichamelijke inspanning te kunnen volhouden. Toediening van het hormoon **epo** (erytropoëetine) stimuleert ook de aanmaak van rode bloedcellen waardoor het uithoudingsvermogen van de sporter groter wordt.

Het gebruik van doping heeft bijwerkingen en brengt soms grote medische risico's met zich mee. Sommige stimulerende middelen onderdrukken het gevoel van vermoeidheid. Doordat een sporter dan niet meer voelt hoe ver hij kan gaan, kan dat leiden tot uitputtingsverschijnselen. Door het gebruik van anabole steroïden kunnen mannen 'vrouwelijker' worden. Ze zijn bijvoorbeeld seksueel minder actief of impotent, produceren minder zaadcellen, ontwikkelen borsten, hun teelballen krimpen en urineren doet pijn door vergroting van de prostaat. Vrouwen krijgen door de inname van anabole steroïden vaak mannelijke kenmerken, zoals meer gezichtsbeharing en een lagere stem. Ook neemt de borstomvang af en wordt de menstruatiecyclus verstoord. Bij langdurig gebruik van anabole steroïden treden zowel bij mannen als vrouwen bijwerkingen op: een vette huid met acne, het ontstaan van striae door de snel groeiende spiermassa (zie afbeelding 55), een

opgeblazen gevoel, toename van het gewicht, bloedstollingsziekten, leverschade, een vergrote kans op hartaandoeningen of een beroerte, een hoger cholesterol-gehalte in het bloed en zwakkere pezen.

opdrachten

- 48 Hoe verandert je biceps als je je gestrekte arm buigt?
- 49 Clenbuterol is een anabole steroïde. Soms beweren sporters na een positieve dopingtest dat clenbuterol in hun bloed is terechtgekomen door het eten van vervuild vlees.
- a Waarom zou een veehouder clenbuterol aan zijn dieren toedienen?
 - b Soms wordt bij een topsporter enkele weken voor een belangrijke wedstrijd bloed afgetapt. Vlak voor de wedstrijd krijgt de sporter dan een transfusie met zijn eigen bloed (bloeddoping).
Leg uit hoe dit kan leiden tot betere prestaties tijdens de wedstrijd.

BETROUWBAAR EN VALIDE ONDERZOEK

Het gebruik van doping is verboden als het de sportieve prestaties bevordert en/of in strijd is met een eerlijke sportbeoefening in wedstrijdverband. Het gebruik ervan wordt tegengegaan door dopingcontroles bij belangrijke wedstrijden en in de periode daaraan voorafgaand. De urine van sporters wordt dan onderzocht op de aanwezigheid van verboden stoffen. Worden deze stoffen aangetroffen, dan kan de sporter worden gediskwalificeerd. Dit onderzoek moet dus nauwkeurig gebeuren zonder toevallige fouten, zoals het verkeerd aflezen van de waarden. Je spreekt van een **betrouwbaar onderzoek** wanneer het (zo veel mogelijk) dezelfde resultaten oplevert als het enkele keren wordt herhaald. Er kunnen ook systematische fouten optreden. Er wordt dan constant een te hoge of te lage waarde waargenomen of een andere eigenschap gemeten dan was bedoeld. Wanneer onderzoek zo min mogelijk systematische fouten bevat, spreek je van een **valide onderzoek**.

opdracht

- 50 Onderzoekers willen meten of sporters na het nemen van een drankje met opwekkende stoffen sneller lopen. De sporters doen eerst een snelheidstest zónder drankje, daarna mét een drankje. Het onderzoek wordt op twee manieren uitgevoerd:
- Onderzoek 1: elke proefpersoon krijgt één drankje van 0,2 L.
Onderzoek 2: de hoeveelheid drank is afhankelijk van het lichaamsgewicht (in kg) van de sporters.
- a Welk onderzoek is valide? Leg je antwoord uit.
 - b Meldonium is een geneesmiddel dat wordt gebruikt bij de behandeling van hartproblemen. Bij patiënten zou het middel de zuurstofvoorziening van de hartspier verbeteren. Sporters gebruiken meldonium soms om hun inspanningsprestaties te verbeteren. Sinds 1 januari 2016 staat het middel op de dopinglijst. Er is nog onvoldoende wetenschappelijke informatie over wanneer meldonium precies uit het lichaam van de sporter is verdwenen en hoelang het nog te traceren is in urine.
Schaatsers die deelnamen aan een belangrijke wedstrijd op 1 maart 2016 werden op de wedstrijddag getest op het gebruik van meldonium. Een aantal van hen werd positief bevonden.
Is de uitslag van deze dopingtest betrouwbaar? Leg je antwoord uit.

CONTEXT

Leefwereld

Een killerbody

▼ Afb. 56 Filemon.



Twintig procent van alle Nederlanders ouder dan 15 jaar doet aan fitness, onder andere om er beter uit te zien. Presentator Filemon Wesselink was gefascineerd door dit gegeven en dook voor zijn tv-programma in de wereld van fitness. Zijn doel: door training net zo'n killerbody krijgen als zijn collega's Arie Boomsma en Waldemar Torenstra. En uiteindelijk wilde hij op de cover staan van het meest toonaangevende fitnessblad van Nederland. Al snel wordt duidelijk dat het lichaam van Filemon door de trainingen niet snel verandert. Wat doen anderen bij zo'n soort tegenslag? Filemon wilde weten wat het effect is als je anabole steroïden gebruikt om grotere spieren te krijgen. Hij meldde zich aan als proefpersoon in een grootschalig Nederlands onderzoek en ging intensief trainen mét gebruik van anabole steroïden. Hij onderzocht wat voor hem de lichamelijke en psychische gevolgen waren en wat de drijfveer van mensen is om vaak in de sportschool te zijn.

opdracht

- 51 De teelballen van Filemon blijken na een tijdje te zijn gekrompen. Wanneer een man anabole steroïden gebruikt, kan zijn vruchtbaarheid afnemen.
- Leg uit hoe dit komt. Gebruik bij deze opdracht je *BiNaS* (tabel 89C).
 - Is het gebruik van anabole steroïden een voorbeeld van negatieve of van positieve terugkoppeling? Leg je antwoord uit.
 - Zou je zelf anabole steroïden gebruiken om een gespierder of strakker lichaam te krijgen? Beargumenteer je antwoord.
 - Het is Filemon gelukt om in het meest toonaangevende fitnessblad van Nederland te verschijnen. Maar niet op de cover, want daar wilde het betreffende magazine niet aan meewerken vanwege het feit dat Filemon anabolen heeft gebruikt om zijn gespierde body te bereiken. Vind je het besluit van de redactie van het magazine terecht? Leg je antwoord uit.

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Doe online de verrijksstoffen, de flitskaarten en de oefentoets.
- Ga in het boek verder met de Samenhang en de Examentrainer.

Leerdoelen

- Je kunt de hormonale en neurale regulatie bij verliefdheid van de mens toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.
- Je kunt de biologische vakvaardigheid evolutionair denken toepassen op de hormonale en neurologische regulatie bij mensen.

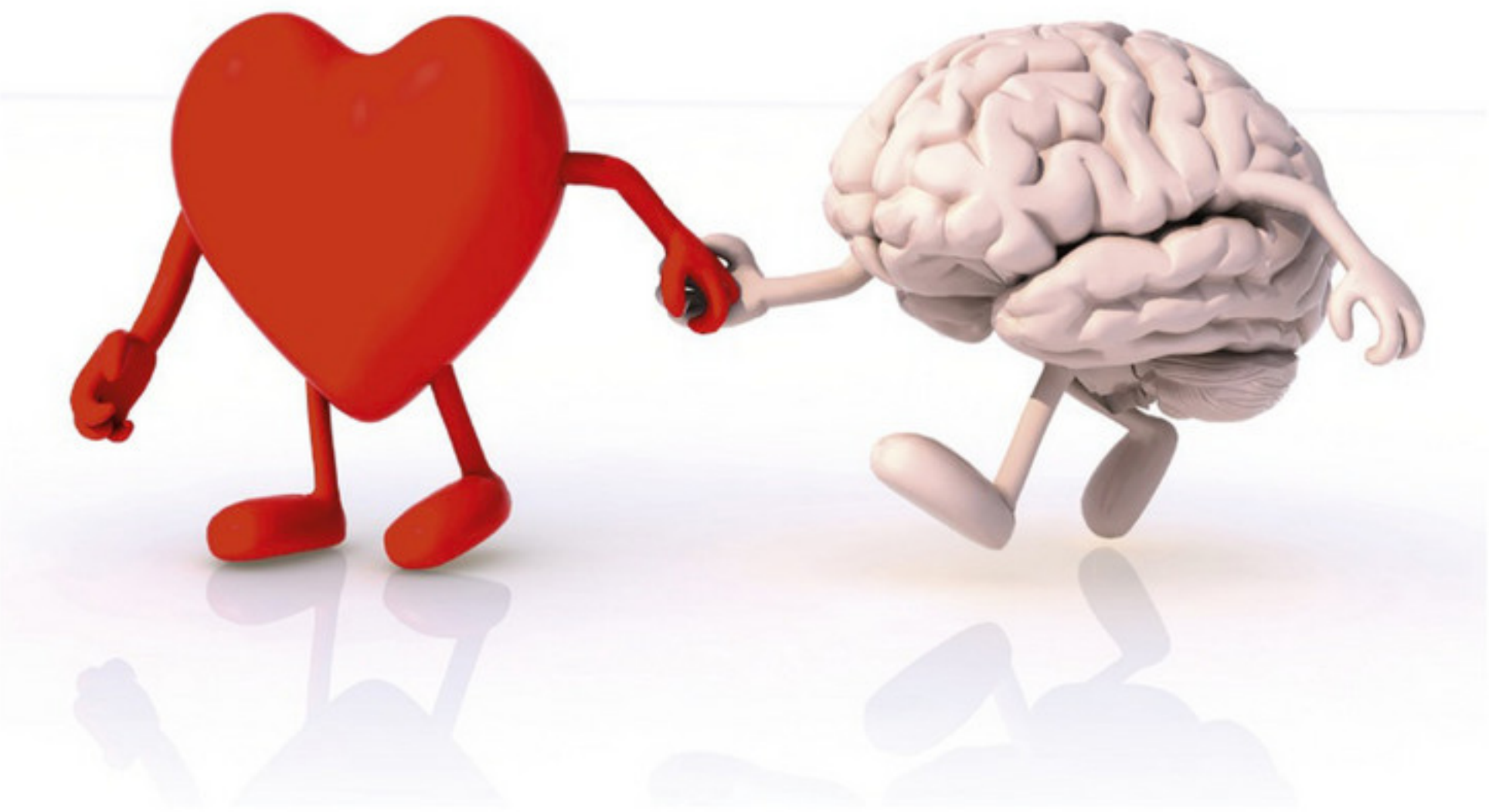
Verliefdheid is chemie

Slapeloze nachten, vlinders in je buik, je krijgt amper een hap door je keel, je hebt de hele dag een goed humeur, bent hyperactief en hebt concentratieproblemen. En ... je denkt constant aan die ene persoon. Als je dit herkent, ben je verliefd of weleens verliefd geweest.

De symptomen van het speciale gevoel dat mensen vooral in het begin van een relatie voor een ander hebben, zijn bij mannen en vrouwen hetzelfde. Wel vertonen verliefde mannen vaker typisch ‘mannengedrag’ en verliefde vrouwen typisch ‘vrouwengedrag’. De reden waarom we verliefd worden, is niet zo romantisch. De bedoeling is dat we iemand vinden met wie we ons kunnen voortplanten, zodat we onze genen kunnen doorgeven. Verliefdheid verlaagt de drempel om met ‘vreemden’ (van buiten de eigen familie) te paren. Verliefdheid zorgt er ook voor dat mensen bij elkaar blijven.

Maar waarom nu juist hij of zij, en niet iemand anders? Je kunt verliefd worden doordat je iemand ziet tot wie je je aangetrokken voelt. Maar ook speciale signaalmoleculen (feromonen) afkomstig van een soortgenoot kunnen een rol spelen. Je kunt deze feromonen (vaak onbewust) ruiken. Elk mens scheidt feromonen uit, vooral via zweetklieren in de oksels en bij de geslachtsorganen. Feromonen en het zien van iemand die je aantrekkelijk vindt, kunnen een reactie opwekken in de zenuwcellen in je hersenen. De hersenen maken dan fenylethylamine (PEA) aan. Daardoor word je verliefd en voel je je in de zevende hemel. Fenylethylamine brengt de productie van andere hormonen en neurotransmitters op gang. Deze stoffen veroorzaken de typische symptomen die kenmerkend zijn voor verliefdheid.

► Afb. 1 Verliefd!



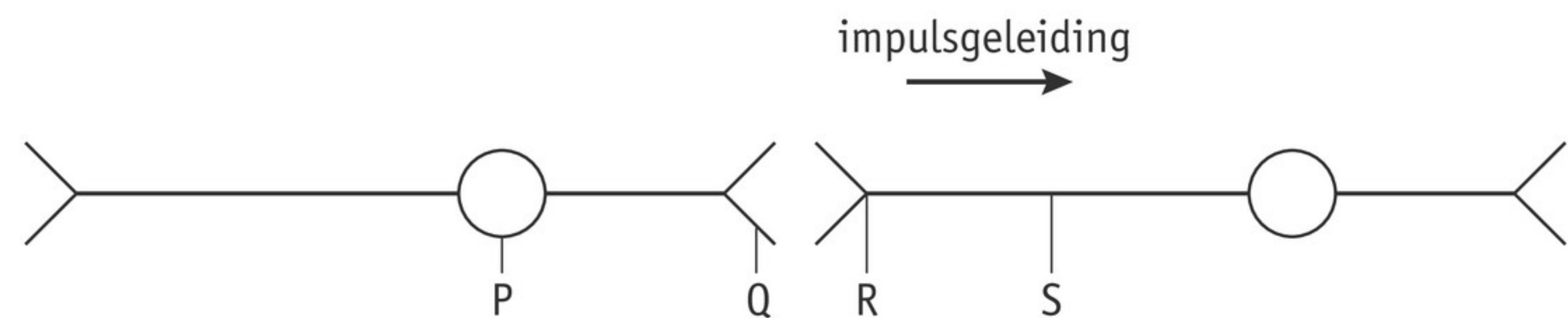
opdrachten

- 1 Neem het schema over en noteer begrippen uit de tekst bij het passende organisatieniveau.

Organisatieniveau	Begrip
Biosfeer	
Ecosysteem	
Populatie	
Organisme	
Orgaan	
Cel	
Molecuul	

- 2 PEA komt vrij in zenuwcellen in de hersenen bij verliefdheid. In afbeelding 2 zijn schematisch twee zenuwcellen in de hersenen weergegeven.
- Welk deel van een zenuwcel stelt Q voor? Leg je antwoord uit.
 - Op welke plaats heeft PEA effect? Leg je antwoord uit.

► **Afb. 2** Zenuwcellen (schematisch).



- Als mensen vrijen, komt er adrenaline vrij.
 - Welk effect heeft adrenaline op je hart tijdens het vrijen?
 - Door seksuele opwindning neemt ook de concentratie van oxytocine toe. Op zijn beurt stimuleert dit hormoon weer de seksuele opwindning. Is hier sprake van een negatieve terugkoppeling of een positieve terugkoppeling? Leg je antwoord uit.
 - PEA stimuleert onder andere de afgifte van serotonine en dopamine. Serotonine is een neurotransmitter die zorgt voor een positief gevoel, veel zelfvertrouwen, remming van de eetlust en stimulering van de seksuele activiteit. Dopamine is ook een neurotransmitter en maakt je blind voor de negatieve kanten van je geliefde. Verliefdheid kan een halfjaar tot drie jaar duren. Wanneer de verliefdheid over is, ben je pas in staat om kritisch naar je geliefde te kijken. Hoe komt dat?
 - Wanneer iemand depressief is, wordt soms een medicijn (antidepressivum) voorgeschreven. Normaal gesproken wordt eenmaal afgegeven serotonine weer door het axon opgenomen, maar het antidepressivum remt dit proces. Leg uit wat het effect hiervan is.
- Verliefdheid heeft ook als doel ervoor te zorgen dat mensen lang genoeg bij elkaar blijven om hun kinderen groot te brengen. In het verleden was dit evolutionair belangrijk, omdat kinderen zo een grotere overlevingskans hadden.
 - Leg dit uit.
 - Uit een T-shirt-snuffeltest blijkt dat vrouwen een voorkeur hebben voor de feromonen van mannen met een ander MHC-systeem dan zichzelf. Het MHC-systeem is een groep genen die een grote rol spelen bij de weerstand tegen ziekten. Wat is hiervoor de evolutionaire verklaring?
- Cortisol is een hormoon dat je bijniere aanmaken in stresssituaties. Je maakt het ook aan als je verliefd bent. Volgens wetenschappers komt dat doordat je er vaak niet zeker van bent dat de verliefdheid wederzijds is. Als de verliefden daadwerkelijk in elkaars armen belanden en met elkaar vrijen, daalt het cortisolgehalte. Je kunt het cortisolgehalte bij mensen meten in het speeksel. Uit een wetenschappelijk onderzoek bleek dat in klassen met een docent die uitgeput is of een sterke mate van burn-out ervaart, het cortisolgehalte in het speeksel van de leerlingen hoger is.
 - Welke conclusie kun je trekken uit dit onderzoek?
 - Bedenk een werkplan waarmee je het onderzoek kunt herhalen.

practicumopdracht 1

- MATERIAAL
- een horloge of mobiele telefoon met stopwatch of een stopwatch

Practica

De Strooptest

» BASISSTOF 3

Je bent waarschijnlijk zo getraind in het lezen van gedrukte woorden dat je ze niet kunt negeren, zelfs niet als je het probeert. John Ridley Stroop ontdekte in 1930 dat je hersenen in staat zijn om impulsen te onderdrukken. In deze practicumopdracht onderzoek je het Stroop-effect.

ONDERZOEKSVRAAG

Bestaat er een verschil in de snelheid waarmee je de kleuren van woorden opnoemt waarbij de kleur van een woord overeenkomt met de naam van de kleur en waarbij de kleur van een woord afwijkt van de naam van de kleur?

HYPOTHESE

Stel een hypothese op.

METHODE

- Je werkt in deze practicumopdracht met zijn tweeën.
- Dek afbeelding 1.2 af met een blanco, wit papier.
 - De proefpersoon noemt zo snel mogelijk achter elkaar de kleuren van de woorden van afbeelding 1.1 op, terwijl de ander de tijd opneemt. Noteer de eindtijd van de proefpersoon.
 - Dek vervolgens afbeelding 1.1 af.
 - De proefpersoon noemt zo snel mogelijk achter elkaar de kleuren van de woorden van afbeelding 1.2 op, terwijl de ander de tijd opneemt. Noteer de eindtijd van de proefpersoon.
 - Wissel van rol en herhaal het experiment.
 - Vergelijk na afloop de resultaten met elkaar.

▼ Afb. 1 De Strooptest.

Rood	Roze	Oranje	Zwart
Groen	Paars	Blauw	Rood
Blauw	Bruin	Groen	Grijs
Geel	Rood	Roze	Paars

1

Rood	Roze	Oranje	Zwart
Groen	Paars	Blauw	Rood
Blauw	Bruin	Groen	Grijs
Geel	Rood	Roze	Paars

2

practicumopdracht 2

MATERIAAL

- een klaargemaakt preparaat van een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg
- een microscoop (eventueel kun je een loep gebruiken)

practicumopdracht 3

MATERIAAL

- een houten hamertje of een liniaal (je kunt ook de zijkant van je hand gebruiken)

▼ Afb. 2 De kniepeesreflex.



RESULTATEN

Noteer je tijdwaarnemingen in een tabel.

CONCLUSIE

Beantwoord de volgende vraag.

- 1 Welke conclusies kun je trekken?

DISCUSSIE

Beantwoord de volgende vraag.

- 2 Hoe kun je je conclusie verklaren?

Het ruggenmerg

►► BASISSTOF 3

In deze practicumopdracht ga je een klaargemaakt preparaat van een dwarsdoorsnede van het ruggenmerg onderzoeken met een microscoop.

METHODE

Bekijk het preparaat bij de kleinste vergroting.

RESULTATEN

- Maak een tekening van het ruggenmerg.
- Zet de namen bij de delen.
- Geef aan op welke plaatsen zich de cellichamen van schakelcellen en bewegingszenuwcellen bevinden.

De kniepeesreflex

►► BASISSTOF 4

Het animale zenuwstelsel regelt bewuste en onbewuste reacties. In deze practicumopdracht ga je een prikkel onderzoeken waarop een vaste, onbewuste reactie volgt.

METHODE

Je werkt in deze practicumopdracht met zijn tweeën.

- Leg je rechterbeen over je linkerknie. Zorg ervoor dat je rechtervoet de grond niet raakt en dat je onderbeen ontspannen hangt.
- Laat je klasgenoot voelen waar de onderkant van je knieschijf zit. Hieronder bevindt zich de aanhechtingsplaats van de kniepees.
- Vervolgens geeft je klasgenoot op deze plaats een zachte tik met het hamertje, de liniaal of de zijkant van zijn hand.

RESULTATEN

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Hoe reageerde je onderbeen op de tik?
- 2 Heb je deze beweging bewust willen maken?
- 3 Voelde je de tik vóór of na het begin van de reactie?

practicumopdracht 4**MATERIAAL**

- klaargemaakte preparaten van glad en dwarsgestreept spierweefsel
- een microscoop

practicumopdracht 5**Glad en dwarsgestreept spierweefsel**

►► BASISSTOF 6

Er bestaan verschillende typen spierweefsel. In deze practicumopdracht ga je met een microscoop preparaten van glad en dwarsgestreept spierweefsel onderzoeken.

METHODE

Bekijk de preparaten bij een vergroting van 400×.

RESULTATEN

- Maak van elk type weefsel een tekening van enkele spiercellen of spiervezels.
- Zet de namen bij de delen.

Beweegtest

►► BASISSTOF 6

Veel mensen brengen hun dag grotendeels zittend door. Daarom is de Nederlandse Norm Gezond Bewegen (NNGB) vastgesteld. Je voldoet aan de norm als je minimaal zestig minuten per dag beweegt. In deze practicumopdracht ga je onderzoeken of jij aan de beweegnorm voldoet.

ONDERZOEKSVRAAG

Voldoe ik aan de beweegnorm?

HYPOTHESE

Stel een hypothese op.

METHODE

Noteer een week lang hoeveel tijd je per dag besteedt aan de verschillende activiteiten die in de tabel worden genoemd. Een activiteit telt alleen mee als je deze minimaal tien minuten achter elkaar doet, als je voelt dat je hart sneller klopt en je licht gaat zweten.

Actiemomenten zijn alle activiteiten die minimaal tien minuten duren en waardoor je hartslag omhooggaat. Denk ook aan activiteiten als grasmaaien en stofzuigen.

RESULTATEN

- Vul in de tabel in hoeveel minuten je per dag aan verschillende activiteiten van de beweegtest hebt besteed.
- Tel het aantal minuten dat je aan de verschillende activiteiten hebt besteed per dag bij elkaar op.

Activiteiten	Zondag	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
	Tijdsduur (in min)	Tijdsduur (in min)	Tijdsduur (in min)	Tijdsduur (in min)	Tijdsduur (in min)	Tijdsduur (in min)	Tijdsduur (in min)
Fietsen							
Lopen							
Actiemomenten							
Sporten							
Totaal							

CONCLUSIE

Beantwoord de volgende vraag.

1 Welke conclusie kun je trekken?

DISCUSSIE

Beantwoord de volgende vraag.

2 Leg uit waarom je onderzoek wel of niet betrouwbaar is.

Samenvatting

LEERDOEL 1 ►► BASISSTOF 1

Je kunt beschrijven hoe regelkringen een rol spelen bij het handhaven van de homeostase bij de mens.

- Homeostase: het in stand houden van een dynamisch evenwicht in het inwendige milieu van organismen.
 - Een regelkring bestaat uit een sensor, een controlecentrum en een effector.
 - Via regelkringen worden bepaalde normwaarden gehandhaafd. Hierdoor is er een dynamisch evenwicht.
 - Bij negatieve terugkoppeling heeft het resultaat van een proces een remmende invloed op het proces.
 - Bij positieve terugkoppeling versterkt een toename van het resultaat het proces.
- Homeostase is een voorbeeld van zelfregulatie op het organisatieniveau organisme.
- Bij homeostase in meercellige organismen vindt communicatie tussen cellen plaats met signaalmoleculen, zoals hormonen en neurotransmitters.

LEERDOEL 2 ►► BASISSTOF 2

Je kunt beschrijven op welke manieren hormonen de cellen van weefsels en organen kunnen beïnvloeden.

- Hormoonklieren (endocriene klieren) geven hormonen af aan het bloed (secretie).
- Exocriene klieren (zweetklieren, speekselklieren) geven hun product af via een afvoerbuus.
- Hormonen regelen de werking van doelwitorganen waarvan de cellen receptoren bezitten waaraan het hormoon kan binden.
 - De binding kan in deze cellen een reactie in gang zetten of een reactie stoppen.
 - Een hormoon kan processen in meerdere doelwitorganen regelen.
 - De mate van reactie van doelwitorganen wordt onder andere bepaald door de hormoonspiegel (hormoonconcentratie) van een hormoon en het aantal receptoren op de celmembranen van de cellen.
 - Hormonen reguleren vooral geleidelijke processen, zoals groei en voortplanting.

LEERDOEL 3 ►► BASISSTOF 2

Je kunt de werking van hormoonklieren en hun hormonen beschrijven en afleiden hoe doelwitorganen daarop reageren.

- De hypothalamus regelt de secretie van hormonen door de hypofyse.
- De hypofyse produceert o.a. hormonen die de werking van andere hormoonklieren beïnvloeden.

- De hypofyseachterkwab geeft ADH en oxytocine af.
 - Oxytocine: stimuleert het ontstaan van weeën aan het einde van de zwangerschap en tijdens de geboorte.
 - ADH: regelt de resorptie van water in de nieren bij de vorming van urine.
- De hypofysevoorkwab produceert:
 - groeihormoon: regelt de groei en ontwikkeling;
 - thyreoïdstimulerend hormoon (TSH): reguleert de schildklier;
 - FSH en LH reguleren processen in de eierstokken (ovaria) en teelballen (testes).
- De schildklier produceert thyroxine.
 - Thyroxine stimuleert de stofwisseling en de groei en ontwikkeling bij kinderen.
 - TSH stimuleert de opname van jodium door de schildklierzellen en de productie van thyroxine.
 - Thyroxine remt de productie van TSH (negatieve terugkoppeling).
- Eilandjes van Langerhans in de alvleesklier produceren insuline en glucagon.
 - Insuline en glucagon regelen de glucoseconcentratie in het bloed.
 - Insuline verlaagt de glucoseconcentratie in het bloed doordat het de opname van glucose in lichaamscellen stimuleert en ervoor zorgt dat in cellen van lever en spieren glucose wordt omgezet in glycogeen.
 - Glucagon verhoogt de glucoseconcentratie in het bloed doordat het in cellen van lever en spieren de omzetting stimuleert van glycogeen in glucose. Glucose wordt afgegeven aan het bloed.
- De nieren produceren epo (erytropoëetine) dat de productie van rode bloedcellen in het rode beenmerg stimuleert.
- Het bijniermerg produceert bij stressvolle situaties adrenaline dat een snelle, kortdurende werking heeft.
 - Adrenaline bevordert de stofwisseling, de omzetting van glycogeen in glucose en de afgifte van glucose aan het bloed en zorgt dat het lichaam in staat is snel te handelen in stresssituaties.

LEERDOEL 4 ►► BASISSTOF 3

Je kunt de bouw en signaalverwerking van de verschillende typen zenuwcellen beschrijven.

- Een zenuwcel bestaat uit een cellichaam met een kern en bevat cytoplasma met ribosomen en endoplasmatisch reticulum.
- Uitlopers:
 - dendrieten: uitlopers die impulsen naar het cellichaam toe geleiden;
 - axonen: uitlopers die impulsen van het cellichaam af geleiden.

- Myelineschede: isolerende laag om veel axonen die wordt gevormd door cellen van Schwann. Tussen de cellen bevinden zich insnoeringen. De witte kleur van de witte stof in de hersenen en in het ruggenmerg wordt veroorzaakt door de myelinescheden om de uitlopers.
- Een axon van een bewegingszenuwcel geleidt impulsen en geeft neurotransmitters af.
 - Communicatie via impulsen en neurotransmitters is snel.
- Gevoelszenuwcellen (sensorische zenuwcellen):
 - Geleiden impulsen van zintuigcellen (receptoren) naar het centrale zenuwstelsel.
 - De cellichamen liggen meestal vlak bij het centrale zenuwstelsel ruggenmergszenuwknopen en hebben één lange dendriet.
- Bewegingszenuwcellen (motorische zenuwcellen):
 - Geleiden impulsen van het centrale zenuwstelsel naar effectoren (spieren of klieren).
 - De cellichamen liggen in het centrale zenuwstelsel en hebben één lang axon.
- Schakelcellen:
 - Geleiden impulsen binnen het centrale zenuwstelsel.
 - Liggen geheel binnen het centrale zenuwstelsel (in ruggenmerg, hersenstam, grote hersenen en kleine hersenen).

LEERDOEL 5 ►► BASISSTOF 3

Je kunt de bouw, functies en werking van het zenuwstelsel beschrijven.

- Indeling zenuwstelsel op grond van de bouw:
 - het centrale zenuwstelsel: grote hersenen, kleine hersenen, hersenstam en ruggenmerg;
 - het perifere zenuwstelsel: zenuwen.
- Indeling zenuwstelsel op grond van de functie:
 - het animale zenuwstelsel: regelt vooral de bewuste reacties en de houding en beweging van het lichaam;
 - het autonome (vegetatieve) zenuwstelsel: regelt vooral de werking van inwendige organen.
- Werking van het zenuwstelsel:
 - Zintuigcellen (receptoren) vangen prikkels op en zetten deze om in impulsen.
 - Prikkel: een invloed uit het milieu op een organisme.
 - Zenuwcellen (conductoren) geleiden impulsen naar het centrale zenuwstelsel, verwerken deze in het centrale zenuwstelsel en geleiden impulsen vanaf het centrale zenuwstelsel.
 - Spieren of klieren (effectoren) reageren op impulsen afkomstig van het centrale zenuwstelsel.

- Zenuw: een bundel uitlopers van zenuwcellen, omgeven door een laag bindweefsel.
 - Zenuwen verbinden het centrale zenuwstelsel met alle lichaamsdelen.
 - Drie typen zenuwen: gevoelszenuwen, bewegingszenuwen, gemengde zenuwen.
- Grote hersenen:
 - Functie: het verwerken van impulsen.
 - In de schors (grijze stof) liggen de cellichamen van schakelcellen.
 - In het merg (witte stof) liggen de uitlopers.
 - Hersencentra: de plaats waar impulsen aankomen en worden verwerkt en waar impulsen kunnen ontstaan.
 - Gevoelscentrum: hier komen impulsen binnen en worden ze verwerkt (bewustwording).
 - Bewegingscentrum: hier ontstaan impulsen die naar spieren of klieren worden geleid.
- Kleine hersenen:
 - Functie: het coördineren van bewegingen en het evenwicht handhaven.
- Hersenstam:
 - Functie: o.a. geleiden van impulsen:
 - van het ruggenmerg naar de grote en kleine hersenen en omgekeerd;
 - via zenuwen in hoofd en hals naar de grote en kleine hersenen en omgekeerd;
 - in reflexbogen van hoofd en hals.
- Ruggenmerg:
 - Functies: geleiden van impulsen van zenuwen in de romp en de ledematen naar de hersenen en omgekeerd en geleiden van impulsen in reflexbogen in romp en ledematen.

LEERDOEL 6 ►► BASISSTOF 4

Je kunt de functie van reflexen en een reflexboog beschrijven.

- Reflex: een vaste, snelle, onbewuste reactie op een bepaalde prikkel.
 - Functies: beschermen van het lichaam, voor de handhaving van bepaalde lichaamshoudingen en bij bewegingen.
- Reflexboog: de weg die impulsen bij een reflex afleggen: zintuigcellen → gevoelszenuwcel → schakelcel in ruggenmerg of hersenstam → bewegingszenuwcel → wel of geen impuls naar spier of klier.
 - De grote hersenen maken geen deel uit van de reflexbogen; toch komen bij veel reflexen ook impulsen in de grote hersenen aan.

LEERDOEL 7 ►► BASISSTOF 4**Je kunt de werking van het autonome (of vegetatieve) zenuwstelsel beschrijven.**

- Het autonome zenuwstelsel staat niet onder invloed van de wil en werkt nauw samen met het hormoonstelsel.
- Het orthosympatische deel:
 - Beïnvloedt organen zodanig dat het lichaam activiteiten kan verrichten: de verbranding wordt bevorderd.
 - Effecten: o.a. verhoging van de hartslag- en ademprequentie en vertraging van de vertering.
- Het parasympatische deel:
 - Beïnvloedt organen zodanig dat het lichaam in een toestand van rust en herstel kan komen. De stofwisseling wordt bevorderd.
 - Effecten: o.a. verlaging van de hartslag- en ademprequentie en versnelling van de vertering.
- Innervatie: alle organen zijn verbonden met zenuwen waardoor ze worden voorzien van impulsen.
 - Dubbele innervatie: naar elk doelwitorgaan gaat een orthosympatische en een parasympatische zenuw.

LEERDOEL 8 ►► BASISSTOF 5**Je kunt beschrijven hoe impulsgeleiding plaatsvindt.**

- Bij een zenuwcel die geen impuls geleidt, heeft het cytoplasma een negatieve elektrische lading ten opzichte van de buitenkant van -70 mV: de rustpotentiaal.
 - De rustpotentiaal wordt gehandhaafd door actief transport van ionen door het celmembraan.
 - Natrium-kaliumpomp: de transporteiwitten transporteren vooral natriumionen de cel uit en kaliumionen de cel in (actief transport).
- Impulsgeleiding is het geleiden van impulsen langs het celmembraan van een axon.
 - Wanneer het verschil in elektrische lading de drempelwaarde (de prikeldrempel) bereikt, kan er volgens het ‘alles-of-nietsprincipe’ een impuls ontstaan.
 - De prikeldrempel is de kleinste prikkelsterkte die een impuls veroorzaakt.
 - Bij prikkeling boven de prikeldrempel ontstaat een impuls.
- Impulssterkte: de grootte van de verandering in elektrische lading van het celmembraan.
 - De impulssterkte is voor alle zenuwcellen gelijk.
- Impulsfrequentie: het aantal impulsen dat per tijdseenheid door een zenuwcel geleidt.
 - Hoe sterker de prikkeling van een zintuigcel, des te hoger de impulsfrequentie in de gevoelszenuwcel die erop is aangesloten.

- Actiefase: in een zenuwcel ontstaat een impuls doordat de binnenkant van het celmembraan van de zenuwcel door het transport van Na^+ -ionen de cel in, een positieve lading krijgt ten opzichte van de buitenkant.
- Herstelfase: periode waarin een bepaald deel van het celmembraan niet of minder goed in staat is nieuwe impulsen voort te geleiden doordat de normale ionenverdeling nog niet is hersteld.
- Sprongsgewijze impulsgeleiding: bij uitlopers van zenuwcellen met een myelineschede (axonen) ‘springen’ de impulsen van insnoering naar insnoering. Dit vergroot de impulsgeleidingssnelheid.

LEERDOEL 9 ►► BASISSTOF 5**Je kunt beschrijven hoe impulsoverdracht plaatsvindt.**

- Impulsoverdracht vindt plaats in een synaps.
 - Een axon geeft neurotransmitters af in de synaptische spleet tussen een zenuwcel en een doelwitcel.
 - De neurotransmitters binden aan receptoren in het membraan van de doelwitcel.
- Bepaalde stoffen (o.a. geneesmiddelen en drugs) kunnen de impulsoverdracht beïnvloeden of imiteren.

LEERDOEL 10 ►► BASISSTOF 6**Je kunt de bouw en werking van spieren beschrijven.**

- Typen spierweefsel: glad spierweefsel en dwarsgestreept spierweefsel.
 - Glad spierweefsel komt voor in buisvormige of holle organen, zoals darmen en longen. Het wordt geïnnerveerd door het autonome zenuwstelsel of door hormonen.
 - Dwarsgestreept spierweefsel komt voor in skeletspieren en huidspieren. Het bestaat uit spiervezels die elk zijn ontstaan door versmelting van vele spiercellen en wordt geïnnerveerd door het animale zenuwstelsel.
- Bouw van een skeletspier:
 - Een skeletspier bestaat uit spierbundels, die op hun beurt bestaan uit spiervezels.
 - Motorisch eindplaatje: het uiteinde van een vertakt axon van een bewegingszenuwcel.
 - Motorische eenheid: alle spiervezels die via motorische eindplaatjes in verbinding staan met één bewegingszenuwcel.
- Samentrekken van een skeletspier:
 - Via de motorische eindplaatjes worden impulsen van een bewegingszenuwcel overgebracht op de spiervezels waardoor de actine- en myosinefilamenten in elkaar schuiven. Hierdoor worden de spiervezels korter.

- De kracht die een spier levert, is afhankelijk van het aantal motorische eenheden dat gelijktijdig samentrekt.
- Antagonisten: spieren waarvan het samentrekken een tegengesteld effect heeft.

LEERDOEL 11 ►► BASISSTOF 6

Je kunt de effecten van training en dopinggebruik uitleggen.

- Door krachttraining krijgen de spieren meer spiercellen en neemt het aantal filamenten in de spierfibrillen toe waardoor de spieren zwaarder worden en de skeletspieren betere prestaties leveren.
- Door duurtraining neemt vooral de doorbloeding van de spieren toe en wordt het uithoudingsvermogen groter.
- Een warming-up is een rustig begin van de training die steeds intensiever wordt waardoor je de bloedsomloop, stofwisselingsprocessen en impulsgeleiding stimuleert.
- Een cooling-down bestaat uit activiteiten die ervoor zorgen dat het lichaam na het sporten weer tot rust komt en goed kan herstellen en die de afvoer van afvalstoffen uit de spieren bevordert.
- Doping: verboden middelen of methoden die bij sport soms worden gebruikt om prestaties te verhogen.
 - Anabole steroïden zijn middelen die het lichaam van een sporter ertoe aanzetten meer spierweefsel te vormen zodat de spiermassa toeneemt en de sportprestaties verbeteren.

LEERDOEL 12 ►► BASISSTOF 6

Je kunt de uitvoering van een onderzoek en de conclusies evalueren.

- Goed onderzoek is betrouwbaar.
 - Toevallige fouten: onder verschillende omstandigheden worden verschillende resultaten behaald.
 - Onderzoek zonder toevallige fouten levert bij herhaling (zo veel mogelijk) dezelfde resultaten op.
- Goed onderzoek is valide.
 - Systematische fout: er wordt steeds dezelfde fout gemaakt, waardoor men niet meet wat men wilde meten.
 - Valide onderzoek bevat zo min mogelijk systematische fouten.

COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt de volgende vaardigheden geoefend:

- doelgericht zoeken, beoordelen, selecteren en verwerken van informatie;
- uitvoeren en presenteren van een natuurwetenschappelijk onderzoek;
- verzamelen, bewerken en overzichtelijk weergeven van data;
- geven van een beargumenteerde mening;
- gebruiken van biologische en ethische argumenten;
- evalueren van een natuurwetenschappelijk onderzoek;
- verklaren van neurale regulatie op het niveau van organismen met behulp van evolutiemechanismen (evolutionair denken);
- met elkaar in verband brengen van hormonale en neurale regulatie op de niveaus van moleculen, cellen, weefsels, organen en organismen (systeemdenken).

Examentrainer

SUSHI

Naar: examen havo 2016-1, vraag 16.

Overmatige consumptie van sushi is niet zonder gevaar. De Amerikaanse acteur Jeremy Piven moest in het ziekenhuis worden opgenomen nadat hij was flauwgefallen. Hij had last van duizelingen, evenwichtsstoornissen en geheugenproblemen. Dokters stelden de diagnose kwikvergiftiging.

Het centrale zenuwstelsel bestaat uit het ruggenmerg, de hersenstam, de kleine hersenen en de grote hersenen.

- 1p 1 Welk deel van het centrale zenuwstelsel is bij Piven door kwikvergiftiging beschadigd, waardoor hij geheugenproblemen had?

SLANGENGIF

Bron: examen havo 2015-1, vraag 26.

Met een enorm enthousiasme vertelt bioloog Freek Vonk voor de camera over zijn grote liefde: slangen. Vonk doet onderzoek naar de evolutie van giftige slangensoorten. Van de ongeveer 3150 soorten slangen zijn ruim 600 soorten giftig voor mensen. Slangengif kan onder andere de bloedstolling, de werking van het hart of van het zenuwstelsel beïnvloeden. De zwarte mamba gebruikt een gif dat acetylcholine-esterase remt. Hierdoor wordt de neurotransmitter die zich in de synaptische spleet van het motorisch eindplaatje bevindt, niet afgebroken.

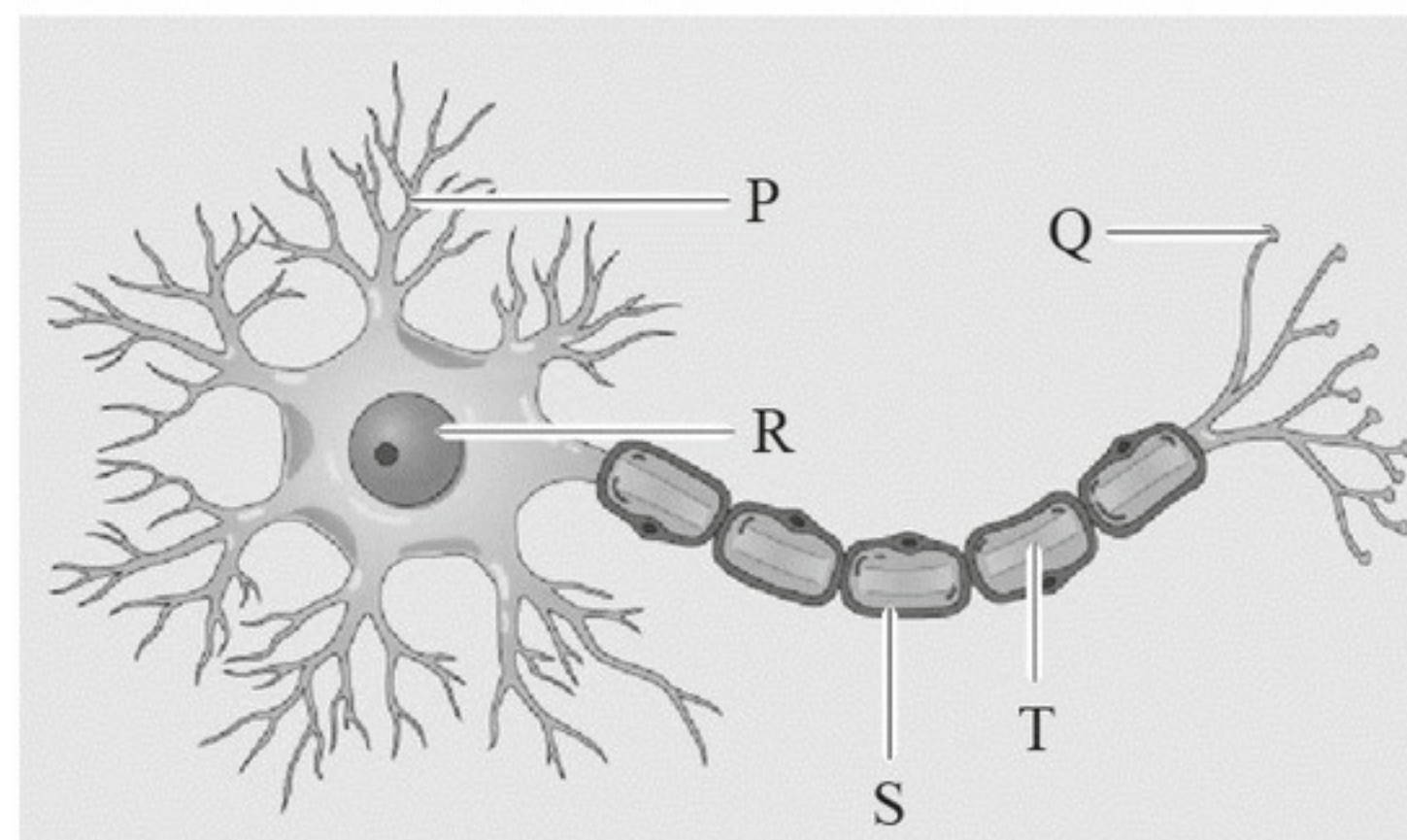
- 2p 2 Welk effect heeft het gif van de mamba op het prooidier? En hoe wordt dat effect verklaard?
- A Spiercontractie, doordat de receptor voor de neurotransmitter op de spiercel geblokkeerd blijft.
 - B Spiercontractie, doordat de receptor voor de neurotransmitter op de spiercel gestimuleerd blijft.
 - C Spierverlamming, doordat de receptor voor de neurotransmitter op de spiercel geblokkeerd blijft.
 - D Spierverlamming, doordat de receptor voor de neurotransmitter op de spiercel gestimuleerd blijft.

EPIPEN®

Bron: examen havo 2015-1, vraag 31.

Adrenaline komt van nature in ons lichaam voor als hormoon en als neurotransmitter. In afbeelding 1 is schematisch een zenuwcel weergegeven.

▼ Afb. 1 Zenuwcel (schematisch).



- 2p 3 Waar wordt adrenaline als transmitterstof door deze zenuwcel afgegeven?

- A op plaats P
- B op plaats Q
- C op plaats R
- D op plaats S
- E op plaats T

BROOD: GLUTENVRIJ EN JODIUMRIJK

Bron: pilot-examen havo 2014-2, vraag 12.

Mensen met een glutenvrij dieet wordt door de diëtiste geadviseerd om bakkerszout met extra jodium te gebruiken als zij zelf hun brood bakken. In de jaren zestig van de vorige eeuw werden bakkers verplicht om jodiumhoudend zout toe te voegen aan het brood. Als we te weinig jodium binnenkrijgen, kunnen allerlei klachten ontstaan, zoals vermoeidheid, futloosheid en het koud hebben. Op de lange termijn zijn obstipatie, menstruatie- en vruchtbaarheidsstoornissen, spier- en gewrichtsklachten mogelijk. Jodium is een bestanddeel van het hormoon thyroxine. Bij kinderen kan jodiumtekort leiden tot groeiachterstand, verminderd leervermogen en in een enkel geval tot dwerggroei.

Als er lange tijd een tekort aan jodium is, zal het hormoonstelsel proberen dit tekort te compenseren.

- 2p 4 Op welke wijze reageert het hormoonstelsel op dit tekort?
- A De hypofyse gaat remmende hormonen afgeven waardoor de bijniere sterk in omvang gaan afnemen.
 - B De hypofyse gaat remmende hormonen afgeven waardoor de schildklier sterk in omvang gaat afnemen.
 - C De hypofyse gaat stimulerende hormonen afgeven waardoor de bijniere sterk in omvang gaan toenemen.
 - D De hypofyse gaat stimulerende hormonen afgeven waardoor de schildklier sterk in omvang gaat toenemen.

ROKEN MAAKT SLANK, MAAR STOPPEN MET ROKEN STRAKS OOK

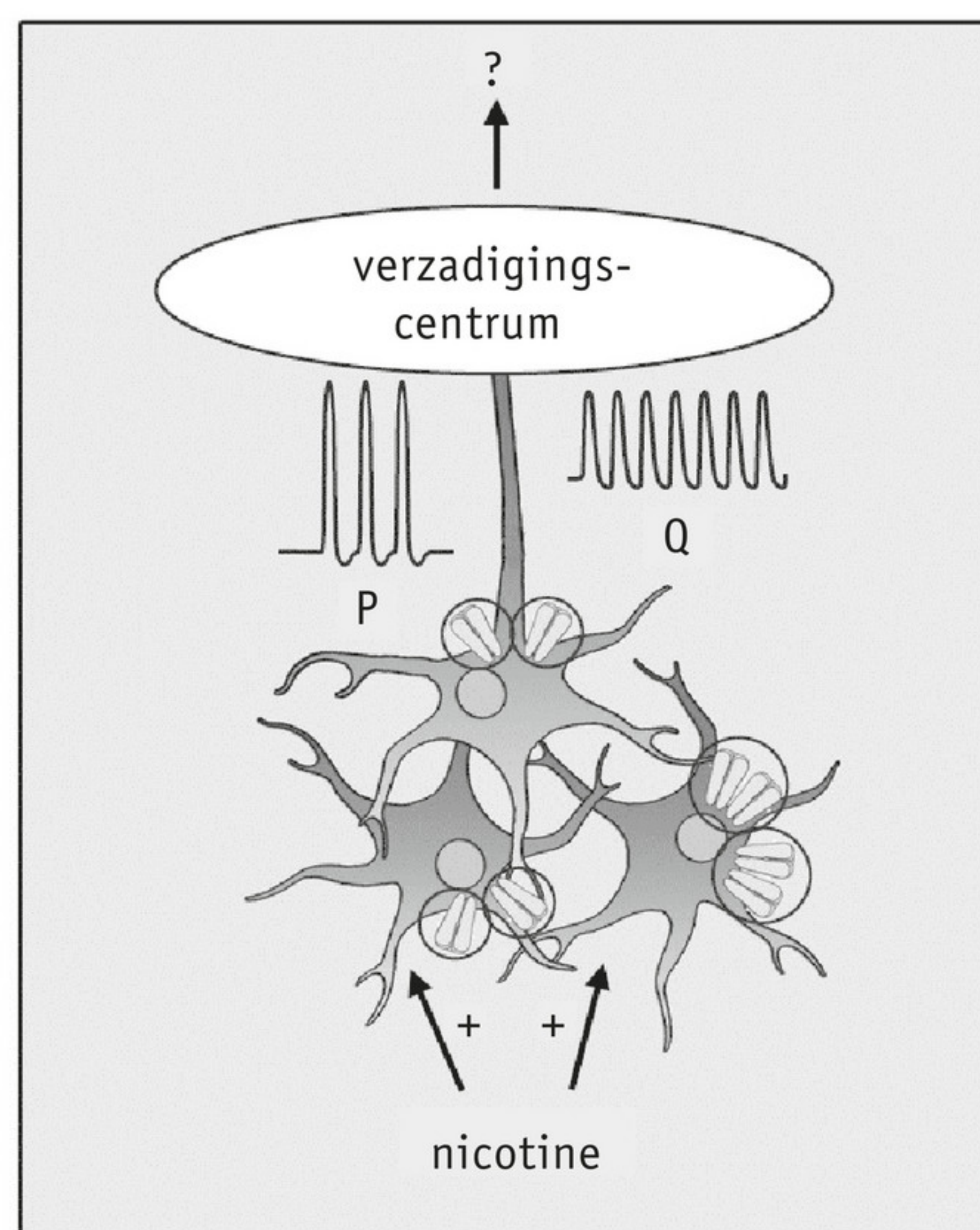
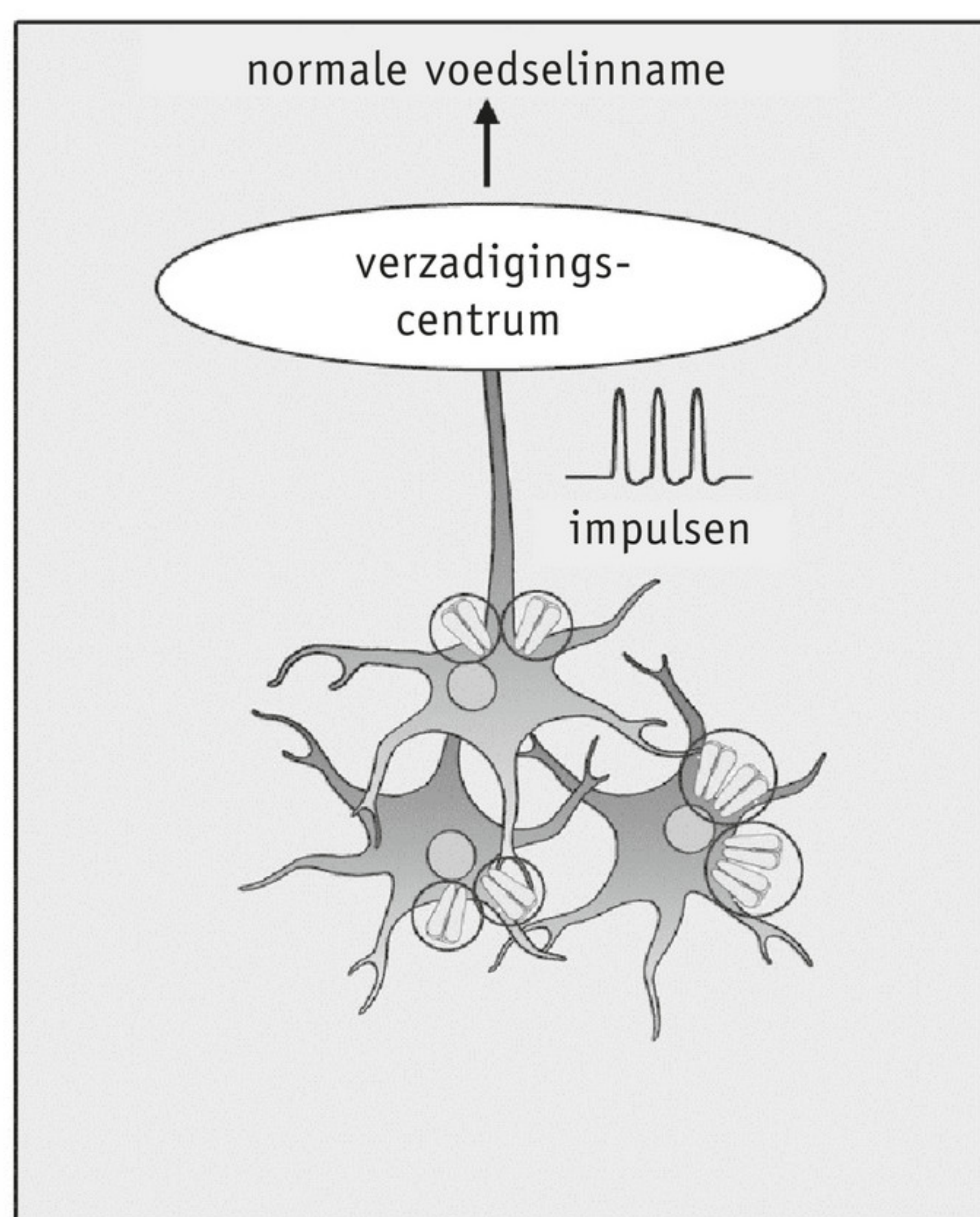
Bron: pilot-examen havo 2013-1, vragen 29, 32 en 33.

Tijdens een onderzoek naar een nieuw medicijn, cytisine, tegen depressie zagen onderzoekers een opmerkelijke bijwerking. De muizen die het geneesmiddel geïnjecteerd kregen, aten allemaal minder dan de muizen uit het controle-experiment.

- 2p 5 Noem een voorwaarde waaraan de muizen in het controle-experiment bij dit onderzoek moeten voldoen. Noteer ook hoe de muizen in het controle-experiment worden behandeld.

Nicotine bindt aan receptoren op zenuwcellen in de hersenen. Als nicotine aan deze receptoren bindt, worden deze zenuwcellen geactiveerd wat uiteindelijk leidt tot de activatie/stimulatie van het verzadigingscentrum in de hypothalamus. In afbeelding 2 is een groepje van drie zenuwcellen weergegeven. De receptoren voor nicotine zijn als staafjes getekend. Een van de zenuwcellen is met een axon met het verzadigingscentrum in de hypothalamus verbonden. In de afbeelding links zijn de cellen zonder nicotine weergegeven, rechts met nicotine. Als nicotine aan de receptoren van de zenuwcellen bindt, zal de synaps aan het einde van het weergegeven axon stimulerende neurotransmitters afgeven.

▼ Afb. 2 Zenuwcellen.



Als er niet wordt gerookt, lopen er impulsen over het axon. In de afbeelding links is dit weergegeven in het diagram (impulsen) naast het axon. Naast het axon in de situatie met nicotine staan twee mogelijke impulspatronen aangegeven met P en Q.

- 2p 6 Welk patroon geeft de impulsen weer die door het axon lopen als er nicotine aanwezig is? En welk effect heeft dit op de voedselinname?

	Impulsen	Voedselinname
A	P	meer
B	P	minder
C	Q	meer
D	Q	minder

Drie typen neuronen zijn motorische zenuwcellen, sensorische zenuwcellen en schakelcellen.

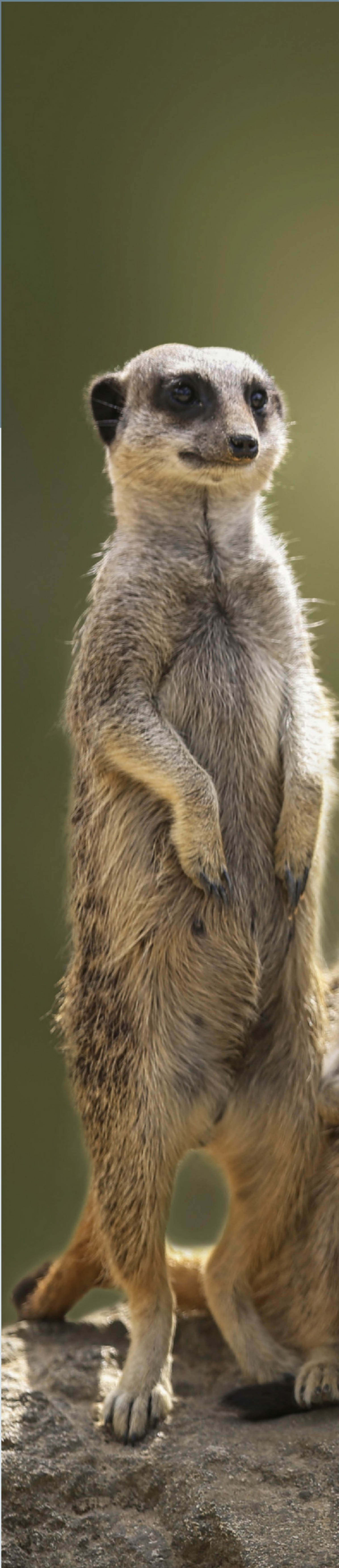
- 1p 7 Welk type is of welke typen zenuwcellen (neuronen) zijn in afbeelding 2 weergegeven?

6

Waarneming en gedrag

Dieren en mensen passen zich voortdurend aan hun omgeving aan. Goede informatie is daarvoor van levensbelang. Door zintuigen zoals het oog komt veel informatie via zenuwen bij de hersenen. Het centrale zenuwstelsel gebruikt deze informatie voor bewuste en onbewuste reacties die leiden tot succesvol gedrag. Hoe reageer jij op je omgeving en welk gedrag vertoon jij?

ONTDEKKEN	
Bij zoekt bom	64
BASISSTOF	
1 Het zintuigstelsel	66
2 Het oog	70
3 Gedrag beschrijven	82
4 Vorming van gedrag	87
5 Aangepast gedrag	94
6 Sociaal gedrag	102
SAMENHANG	
Hyenavrouwtjes hebben de broek aan	108
PRACTICA	110
SAMENVATTING	114
EXAMENTRAINER	118







Bij zoekt bom

►► BASISSTOF 5 EN 6

De komst van explosieven heeft de mensheid veel goeds gebracht. Waar onze voorouders duizenden jaren geleden nog met de hand tunnels groeven, kunnen wij in een fractie van een seconde tonnen steen verplaatsen met behulp van dynamiet. Maar de krachtige werking van explosieven kan ook voor minder nobele doelen worden gebruikt.

Helaas kunnen we ons allemaal wel een terroristische aanslag herinneren waarbij explosieven zijn gebruikt. Waarom zijn bijvoorbeeld luchthavens en openbare gebouwen zo moeilijk hiertegen te beveiligen? Het is niet gemakkelijk om explosieven op te sporen; vaak kan dat niet met een simpele metaaldetector.

Wetenschappers brengen nu een onverwacht nieuw wapen tegen kwaadwillende gebruikers van explosieven in de strijd: de honingbij. Met zijn buitengewone reuk kan dit insect tot twee deeltjes op de biljoen detecteren. Dat is vergelijkbaar met het vinden van een zandkorrel in een zwembad! Met deze eigenschap is de honingbij uitermate geschikt om explosieven in vrachtcontainers te vinden, in voertuigen die de grens passeren en op vliegvelden waar alles draait om veiligheid.

‘Met zijn buitengewone reuk kan de honingbij tot twee deeltjes op de biljoen detecteren.’

De honingbij heeft voor deze taak een aantal grote voordelen ten opzichte van honden. Bijen leren sneller, zijn goedkoper om te houden en ze hebben minder verzorging nodig. Ook planten bijen zich een stuk sneller voort dan honden. De eerste proeven met de insecten zijn al gedaan. Na een training van enkele uren worden bijen in een soort cartridge ondergebracht die in een kistje is gemonteerd.

Vervolgens wordt het kistje langs verdachte voorwerpen of personen gehaald. Een camera in het kistje houdt in de gaten of de bijen explosieven ruiken. In dat geval is er direct een reactie te zien: de bijen steken hun tong uit, wat de camera registreert. Na twee dagen werken krijgen de bijen hun vrijheid weer terug.

Toch zijn er nog de nodige hindernissen te overwinnen. Het is belangrijk dat de bijen geen stress ondervinden; dat zou hun reactie op de geur van explosieven kunnen verstoren. En hoewel bijen niet gemakkelijk van hun doel zijn af te leiden, is 100% taakgerichtheid onmogelijk. Wat te denken van een explosievensmokkelaar met een pot honing in zijn tas?

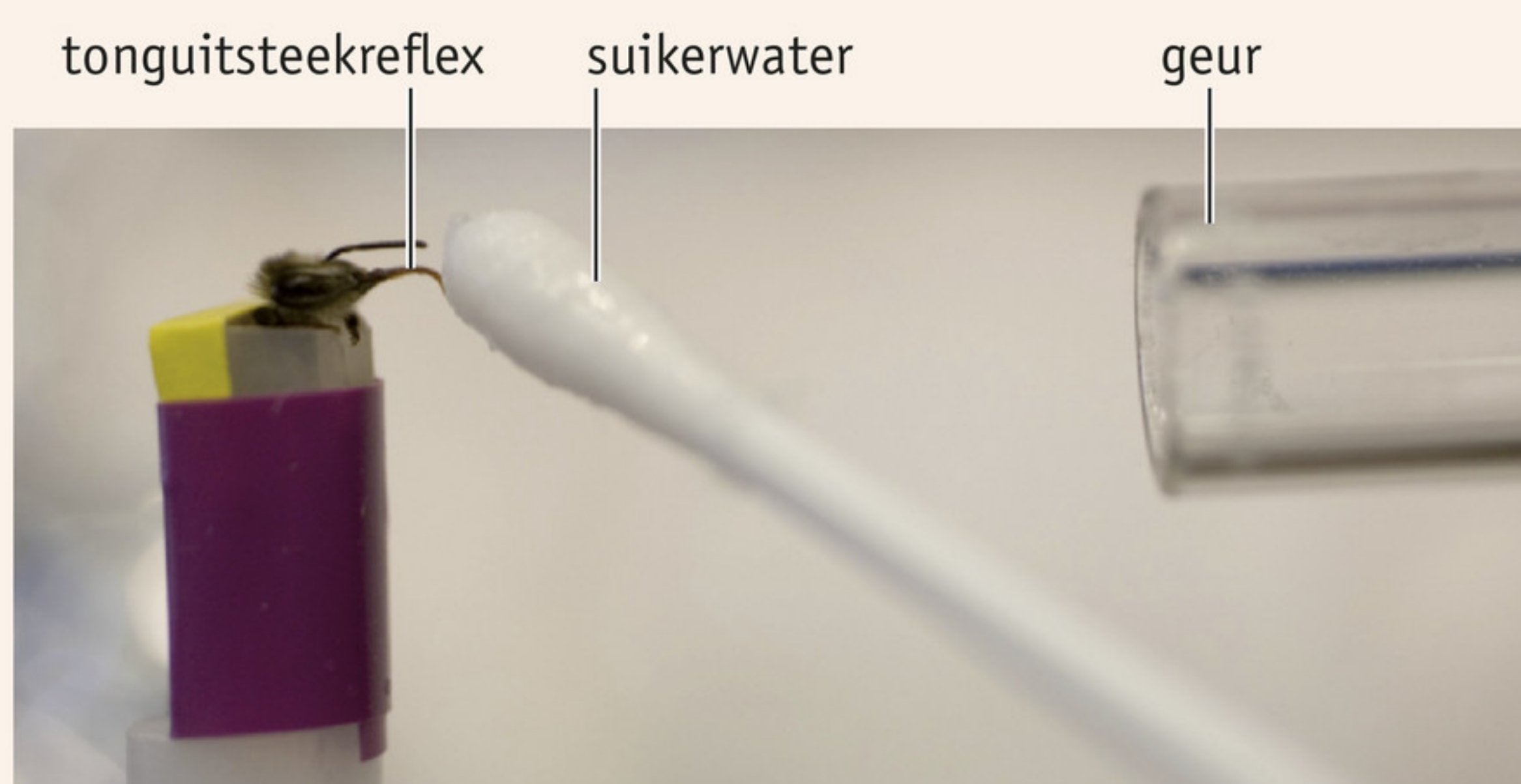
▼ **Afb. 1** Honingbijen.



opdrachten

Jij bent een van de laboratoriummedewerkers bij het Los Alamos National Laboratory Stealthy Insect Sensor Project Team. Met succes heb je al honderden bijen getraind waarbij je suikerwater hebt gebruikt als beloning. Een grote luchthaven wil bijen gaan gebruiken om explosieven op te sporen en de directie heeft je gevraagd om dit traject te begeleiden. Enkele medewerkers gaan de bijen zelf trainen en ze zijn dan ook erg benieuwd hoe de bijentraining eruit zal gaan zien.

▼ **Afb. 2** Trainen van honingbijen.



Bijen zijn sociale dieren en hebben door hun geslacht een duidelijke taak. Dat brengt ook een moeilijkheid met zich mee: trainers kunnen niet zomaar elke willekeurige bij uit het verblijf halen als ze bijen gaan trainen. Alleen bijen die gericht zijn op het zoeken van voedsel kunnen worden gebruikt. Er is oefening voor nodig om die bijen van de andere bijen te onderscheiden. De medewerkers vragen zich af hoe de bijen op een zo natuurlijk mogelijke manier kunnen worden gehouden en wat de levensduur is van een bij. Er zijn nog wel enkele medewerkers die zich zorgen maken om gestoken te worden; ze willen graag weten of je bijensteken kunt vermijden.

- 1 Voor de eerste voorlichtingsbijeenkomst op de luchthaven bereid je een presentatie voor waarin je antwoord geeft op de vragen, de zorgen zo veel mogelijk wegneemt en ingaat op het gedrag van bijen. Maak hiervoor een presentatie. Gebruik hierbij onder andere de informatie uit basisstof 6.
- 2 Na de presentatie leg je in een bijeenkomst aan trainers van de luchthaven uit hoe ze de bijen kunnen trainen. Ze krijgen hierin voldoende achtergrondinformatie om de training te wijzigen of op andere dieren toe te passen. Je kunt ervoor kiezen een filmpje te maken of een stappenplan. Maak hierbij gebruik van de informatie uit basisstof 5 en bronnen op internet. In het filmpje of stappenplan maak je in elk geval duidelijk:
 - waardoor bijen zo goed kunnen ruiken en welke zintuigen ze daarvoor gebruiken;
 - bij welke prikkels ongetrainde bijen hun tong uitsteken;
 - om welk type leerproces het gaat;
 - welke stappen een trainer doorloopt om een bij de tong te laten uitsteken bij het ruiken van explosieven.
 Gebruik hierbij afbeelding 2.

Leerdoelen

- Je kunt de werking van zintuigen beschrijven en de relatie van het zintuigstelsel met het zenuwstelsel beschrijven.

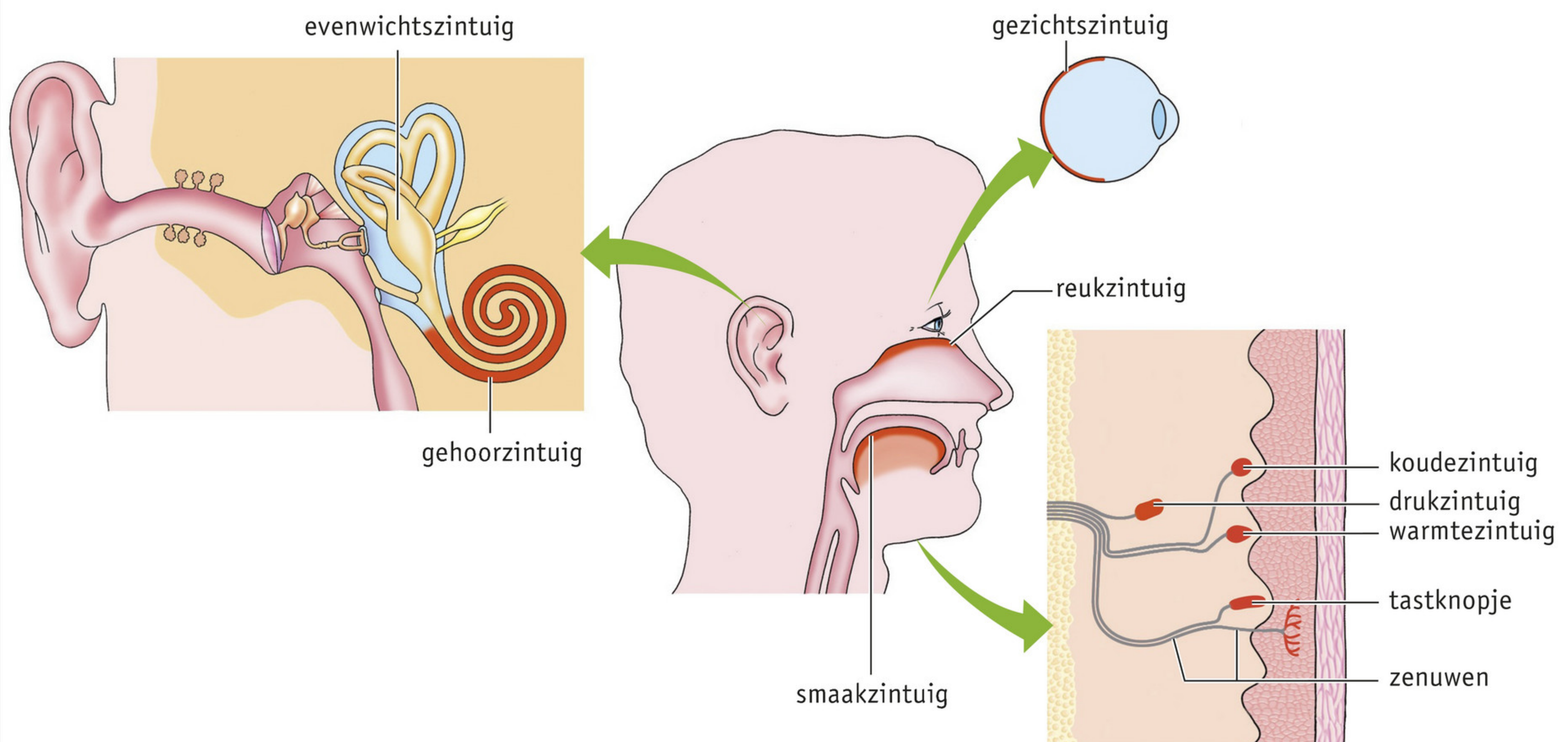
1 Het zintuigstelsel

Zintuigen zijn gevoelige meetinstrumenten die energie en stoffen in het interne en externe milieu kunnen waarnemen, bijvoorbeeld temperatuur, druk, licht en zelfs concentraties van opgeloste stoffen. Via impulsen gaat deze informatie razendsnel naar de hersenen.

INTERNE EN EXTERNE PRIKKELS

Het zintuigstelsel bestaat uit verschillende zintuigen. In afbeelding 1 is de ligging van enkele zintuigen weergegeven. In de met rood aangegeven gebieden liggen zintuigcellen (receptoren). Zintuigen, zoals het gehoorzintuig en het gezichtszintuig, ontvangen prikkels uit het externe milieu (**externe prikkels**). Voor homeostatische regelmechanismen worden zintuigen gebruikt die prikkels ontvangen uit het inwendige milieu (**interne prikkels**), bijvoorbeeld osmoreceptoren en pH-receptoren. Osmoreceptoren in de hypothalamus bepalen de osmotische waarde van het bloedplasma en beïnvloeden daarmee de urineproductie.

▼ **Afb. 1** De ligging van enkele zintuigen.



Er zijn ook zintuigen die een verandering van de spanning van een spier of een verandering in de stand van een lichaamsdeel registreren, zoals de evenwichtszintuigen in de oren. Via impulsen en zenuwcellen (conductoren) wordt de informatie van zintuigen doorgegeven aan het centrale zenuwstelsel. Dieren en mensen reageren voortdurend op prikkels met acties van effectoren, zoals spieren en klieren.

Afhankelijk van het type prikkel waar zintuigcellen op reageren, kun je verschillende groepen receptoren onderscheiden.

Mechanische receptoren reageren op uiteenlopende vormen van mechanische energie, zoals aanraking, druk, beweging en geluid. Er ontstaat een impuls in een mechanische receptor wanneer het celmembraan buigt of uitrekt.

Gehoorreceptoren en **evenwichtsreceptoren** zijn mechanische receptoren met zeer fijne haartjes. Als de vloeistof beweegt waarin zij zich bevinden, buigen de haartjes en vervormt het celmembraan (zie afbeelding 2.1). Hierdoor ontstaat een impuls. **Tastreceptoren** en **drukreceptoren** zijn mechanische receptoren waarin een impuls ontstaat als het celmembraan wordt vervormd door lichte aanraking of druk (zie afbeelding 2.2). Tastreceptoren liggen vlak onder de opperhuid. Drukreceptoren liggen dieper in de huid.

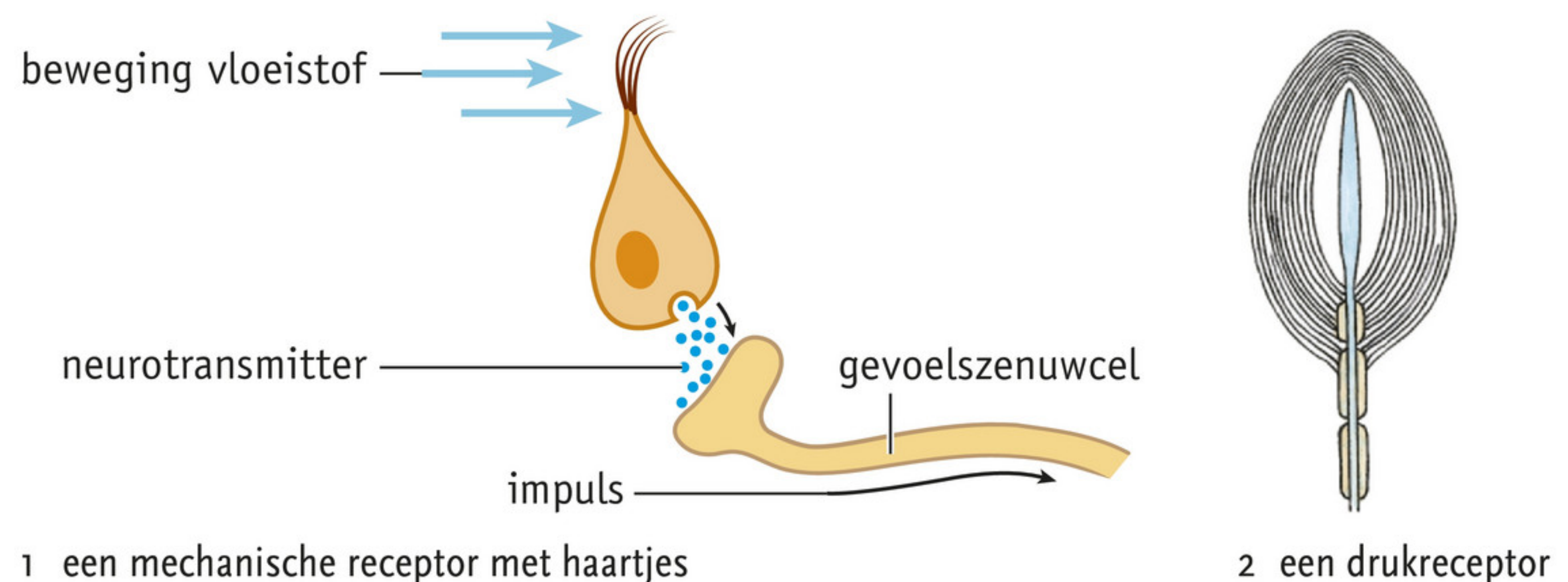
Chemische receptoren kunnen bepaalde moleculen uit de omgeving binden. Smaakreceptoren binden opgeloste moleculen en reukreceptoren binden moleculen uit de lucht. Hierdoor ontstaat een impuls in deze zintuigcellen.

Temperatuurreceptoren in de huid reageren op warmte en kou. Wanneer de temperatuur in zo'n receptor boven of onder een bepaalde normwaarde komt, ontstaat een impuls.

Pijnreceptoren bevinden zich in het hele lichaam en zijn de uiteinden van bepaalde zenuwen. Er ontstaat een impuls in deze receptoren door extreme druk, door extreme temperaturen of door chemische stoffen die vrijkomen bij beschadiging of ontsteking van weefsel.

Lichtreceptoren (fotoreceptoren) zijn zintuigcellen waarin een impuls ontstaat door zichtbaar licht.

► **Afb. 2** Mechanische receptoren.



HET ONTSTAAN VAN IMPULSEN IN ZINTUIGCELLEN

Zintuigcellen zijn gespecialiseerde zenuwcellen (zie afbeelding 2.1) of uitlopers van zenuwcellen (zie afbeelding 2.2). In zintuigcellen ontstaan impulsen als een prikkel sterker is dan de drempelwaarde. Je noemt deze drempelwaarde de **prikkeldrempel**. Elk type zintuigcel heeft voor elk soort prikkel een bepaalde prikkeldrempel. De prikkeldrempel van lichtreceptoren voor lichtprikkel is erg laag. Licht is de **adequate prikkel** voor lichtreceptoren. De prikkeldrempel van deze zintuigcellen is voor andere, niet-adequate prikkels veel hoger. Als er bijvoorbeeld een lichte druk op je ogen wordt uitgeoefend, ontstaan er geen impulsen in de lichtreceptoren. Maar als je een klap op je ogen krijgt, ontstaan er wel impulsen en zie je 'sterretjes'.

De sterkte van een prikkel bepaalt de impulsfrequentie in de aangesloten gevoelszenuwcellen; hoe sterker de prikkel, hoe hoger de impulsfrequentie. Wanneer een prikkel enige tijd aanhoudt, wordt de prikkeldrempel hoger en neemt de impulsfrequentie af. Hierdoor wordt het zintuig minder gevoelig en voel je bijvoorbeeld na enige tijd de druk van de kleren op je huid niet meer. De aanpassing van de gevoeligheid van een zintuig aan een aanhoudende prikkelsterkte heet **adaptatie** of gewenning. Ook een verlaging van de prikkeldrempel noem je adaptatie. Wanneer je van een verlichte kamer een donkere ruimte in stapt, zie je eerst niets. Langzaam wennen je gezichtszintuigcellen aan het donker en kun je weer dingen waarnemen (donkeradaptatie).

opdrachten

- 1 Maak een tabel met drie kolommen.
 - Noteer in de eerste kolom de receptoren die in de tekst zijn genoemd en in afbeelding 1 zijn afgebeeld.
 - Noteer in de tweede kolom achter elke receptor de ligging in het lichaam.
 - Noteer in de derde kolom de bijbehorende adequate prikkel.
- 2 Een gehoorzintuigcel wordt geprikkeld door geluid boven de prikkeldempel.
 - a Wat gebeurt er?
 - b Welke zintuigcel is het gevoeligst voor een bepaalde prikkel: een zintuigcel met een hoge prikkeldempel of een zintuigcel met een lage prikkeldempel voor die prikkel?
 - c Is de prikkeldempel voor een adequate prikkel hoog of laag?
- 3 In de diagrammen in afbeelding 3 wordt de impulsfrequentie weergegeven in een gevoelszenuwcel die is verbonden met een smaakreceptor. De smaakreceptor wordt geprikkeld door suiker. Het ene diagram laat de impulsfrequentie zien bij het drinken van cola, het andere diagram laat de impulsfrequentie zien bij het consumeren van tomatenketchup. Een halve liter cola bevat 13,5 klontjes suiker. Een halve liter tomatenketchup bevat 5 klontjes suiker. Welk diagram laat de impulsfrequentie zien bij het eten van tomatenketchup? Leg je antwoord uit.

► Afb. 3 Impulsfrequentie.

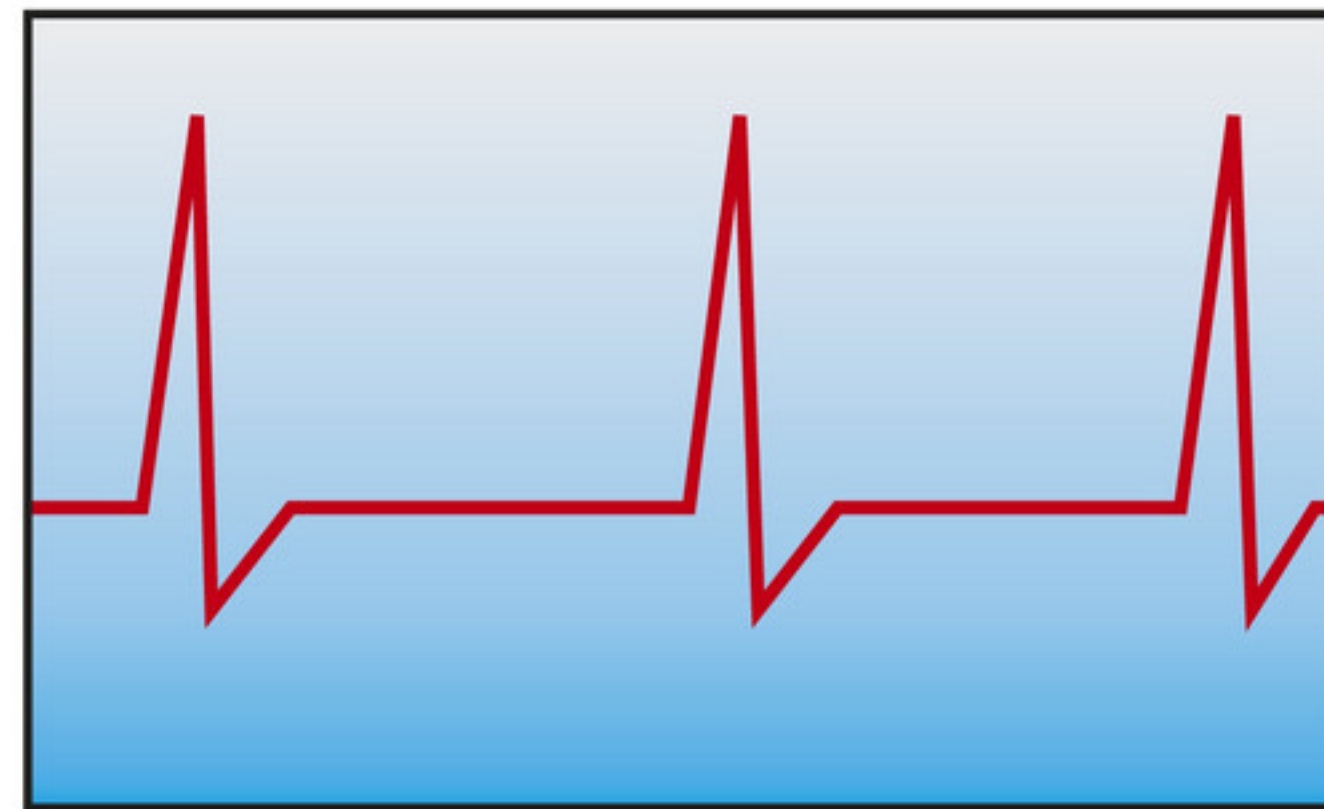


diagram 1

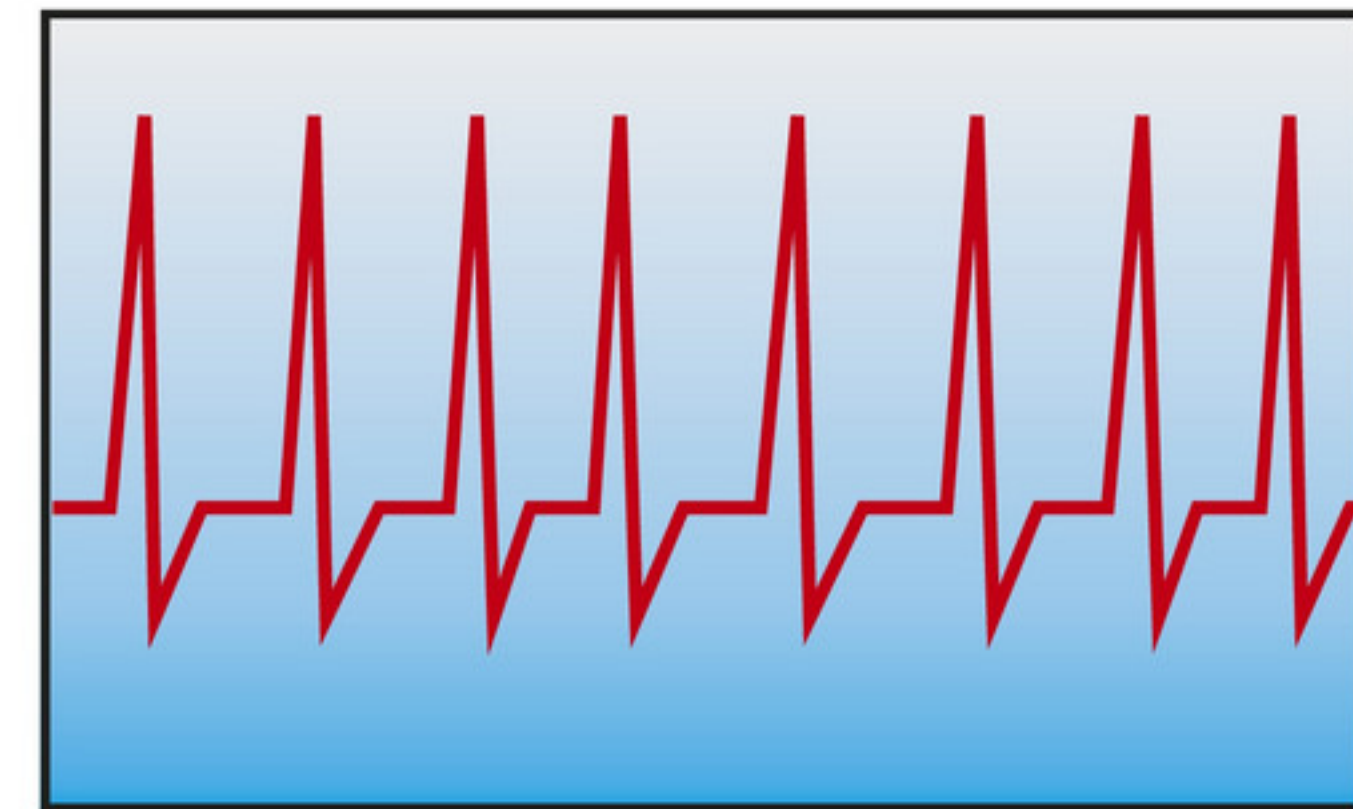


diagram 2

- 4 De chilipeperplant maakt in het vruchtvlees van de pepers de stof capsaïcine aan. Een gerecht met chilipepers smaakt voor mensen 'heet'. Dit komt doordat bepaalde warmtereceptoren die reageren op temperaturen van 42 °C of hoger, ook reageren op capsaïcine. Sommige vogels eten de pepers zonder last te hebben van de capsaïcine.
 - a Wat kan een verklaring zijn dat sommige vogels geen last hebben van de capsaïcine in de vruchten?
 - b Je duikt in een zwembad met koud water. Na een tijdje voel je niet meer dat het water koud is.
Leg uit hoe dat komt. Gebruik in je uitleg de volgende woorden: *adaptatie* – *gevoeligheid* – *impulsfrequentie* – *prikkeldempel*.
- 5 Mensen gebruiken zintuigen niet alleen om te overleven, maar ook om te genieten.
Van welke prikkels afkomstig uit het externe milieu (cultuur en natuur) kun jij genieten? Noem twee prikkels.

CONTEXT

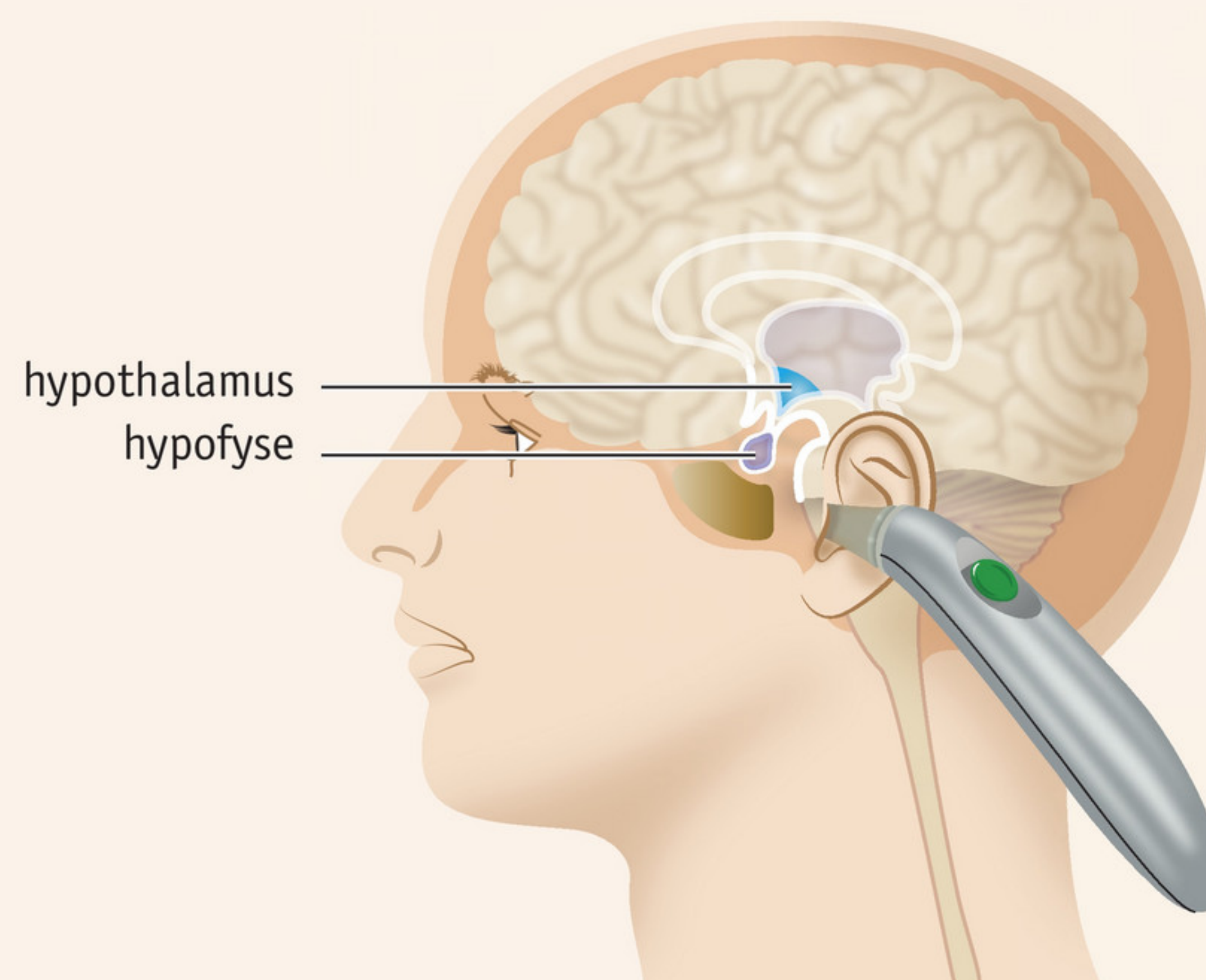
Leefwereld

Het zit tussen je oren

We krijgen het mee van onze voorouders en hoeven er niet bij na te denken: een normwaarde van rond de 37 °C. Een apart zintuig houdt als een thermostaat je lichaamstemperatuur in de gaten en stuurt zo nodig bij.

Het trommelveel en de hypothalamus (zie afbeelding 4) ontvangen bloed uit hetzelfde bloedvat. De infraroodsensor van een oorthermometer meet vrijwel dezelfde temperatuur als de temperatuurreceptoren bij de hypothalamus, de thermostaat van ons lichaam. Als de temperatuur te veel van de normwaarde afwijkt, herstelt de hypothalamus de kerntemperatuur via het autonome zenuwstelsel. De warmteproductie en warmteafgifte worden beïnvloed door variatie van de stofwisselingsactiviteit en de bloedtoevoer naar de huid. Bibberen, kippenvel en zweten hebben we te danken aan de thermostaat tussen onze oren.

► **Afb. 4** Ligging van de hypothalamus.



opdracht

- 6 De temperatuurzintuigen van de hypothalamus ontvangen informatie over de interne lichaamstemperatuur.
 - a Welke receptoren geven het centrale zenuwstelsel informatie over de externe lichaamstemperatuur?
 - b Hoe verandert de impulsfrequentie van de temperatuurreceptoren van de hypothalamus bij een stijging van de lichaamstemperatuur?
 - c De temperatuur van het bloed is een goede graadmeter voor de lichaamstemperatuur.
Leg dit uit.
 - d Als je direct na het sporten gaat zitten, koel je snel en soms te veel af. De hypothalamus zal de schildklier en het bijniemerg stimuleren via het autonome zenuwstelsel en zo afkoeling van het lichaam tegengaan. Welke hormonen spelen hierbij een rol?
 - e Bij een te lage lichaamstemperatuur kun je bewust reageren. Geef een voorbeeld van een mogelijke reactie.

Leerdoelen

- Je kunt de delen van een oog beschrijven en hun functie toelichten.
- Je kunt de beeldvorming door ooglenzen beschrijven en de pupilreflex toelichten.
- Je kunt de bouw en werking van het netvlies beschrijven en toelichten hoe je diepte kunt zien.

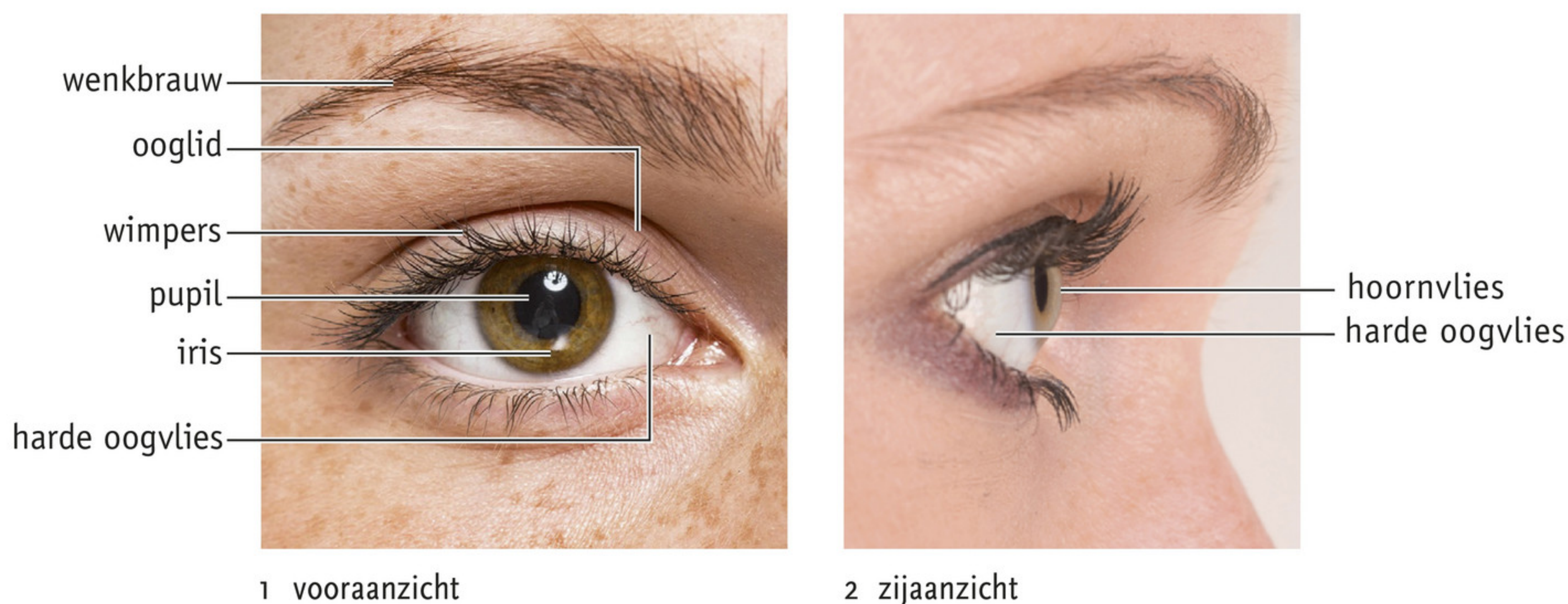
2 Het oog

Elk oog bevat maar liefst 125 miljoen zintuigcellen en een verstelbare lens. Deze uitrusting is de basis voor de vorming van een scherp kleurenbeeld op verschillende afstanden. Twee miljoen zenuwcellen verbinden de zintuigcellen met de gezichtscentra in de hersenen zodat je een driedimensionaal beeld kunt zien.

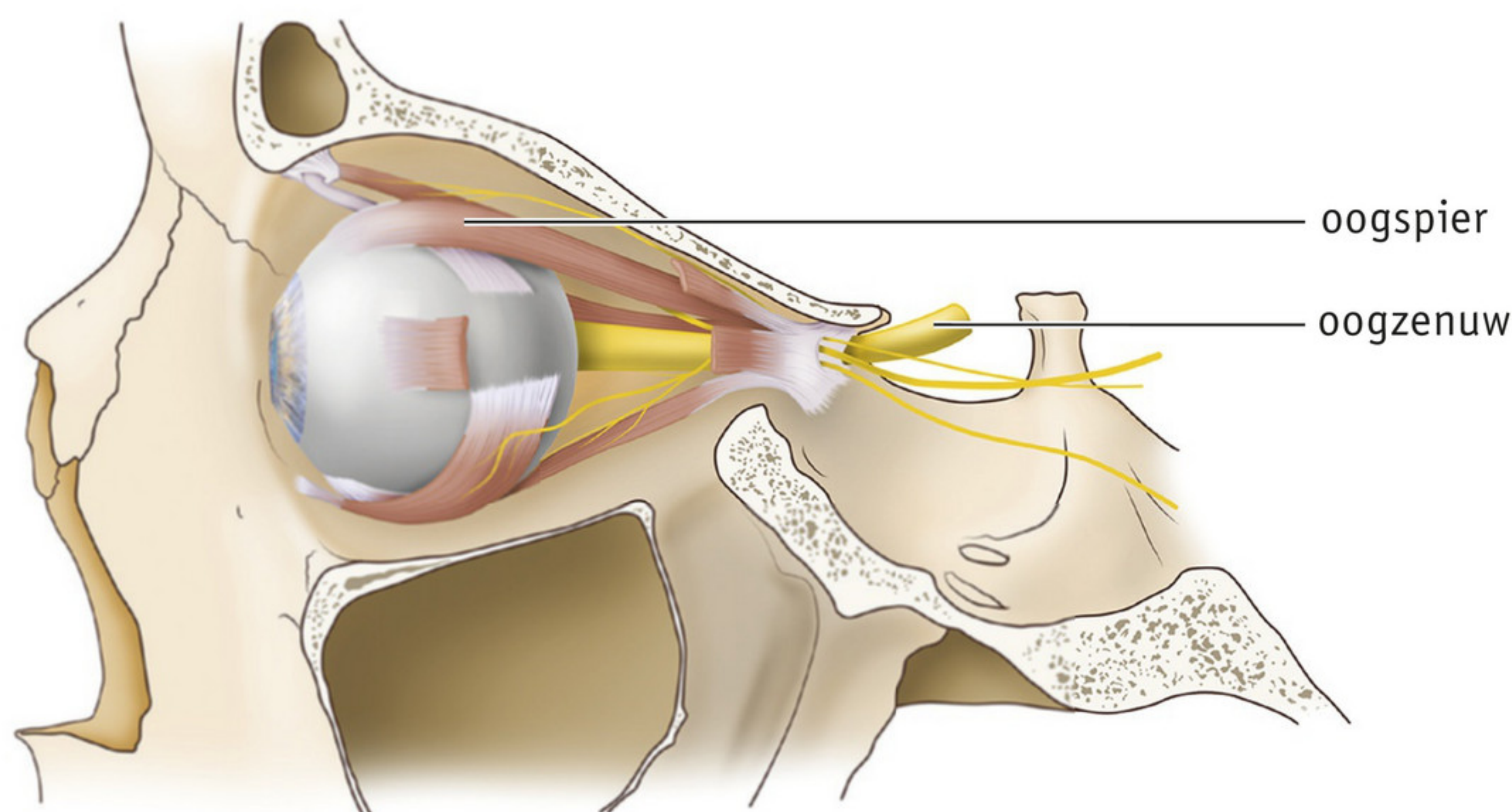
DE BOUW VAN HET OOG

Het witte gedeelte van een oog heet het **harde oogvlies** (zie afbeelding 5.1). Dit is een stevig vlies dat het binnenste van een oog bescherming geeft. Aan de voorzijde gaat het harde oogvlies over in het **hoornvlies** (zie afbeelding 5.2). Dit is doorzichtig zodat licht het oog kan binnenvallen. Het gekleurde gedeelte van een oog heet **iris** of **regenboogvlies**. De kleur van de iris wordt gevormd door **pigmenten**. In de iris zit een opening: de **pupil**. De iris regelt de hoeveelheid licht die via de pupil het oog binnenvalt door de pupil groter of kleiner te maken. Onder de huid boven de ogen liggen traanklieren. Deze produceren traanvocht dat door de oogleden over het oog wordt verspreid. Het traanvocht beschermt de ogen tegen uitdroging. Ook reinigt het de ogen door kleine stofjes of prikkelende stoffen weg te spoelen. In elke ooghoek zit een kleine opening. Hierdoor komt het traanvocht terecht in de traanbuizen en wordt het afgevoerd naar de neusholte. In beide oogkassen zijn verschillende oogspieren aan het harde oogvlies bevestigd (zie afbeelding 6). De oogspieren draaien de ogen in de gewenste richting.

► **Afb. 5** Een oog en een gedeelte van het gezicht.

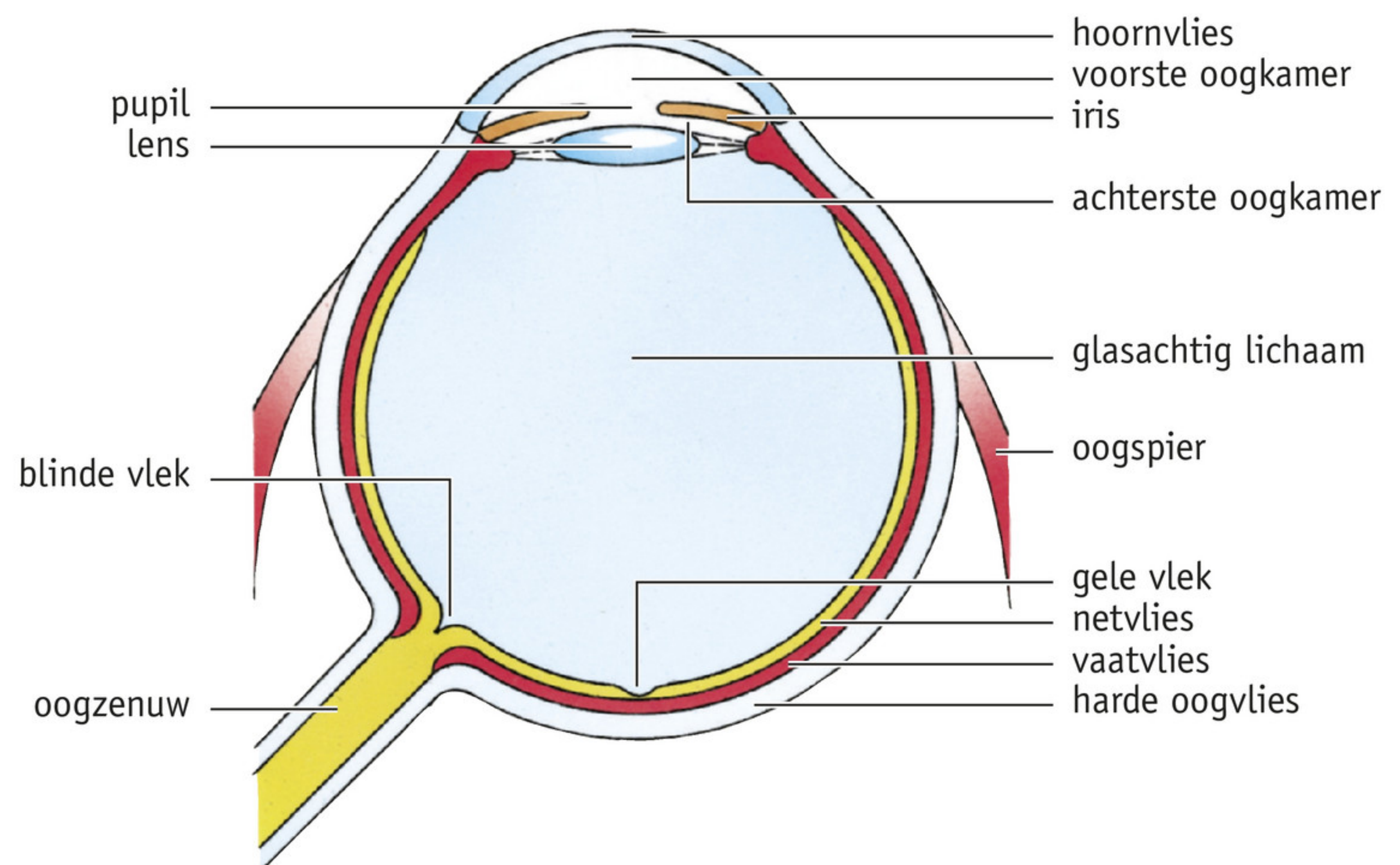


► **Afb. 6** De oogspieren (schematisch).



Een oog is voor het grootste deel gevuld met een geleachtige massa: het **glasachtig lichaam** (zie afbeelding 7). De wand van een oog bestaat uit drie lagen. Onder het harde oogvlies bevindt zich het **vaatvlies**. Deze laag bevat veel bloedvaten en zorgt voor de voeding van een groot deel van het oog. Aan de voorkant van het oog gaat het vaatvlies over in de iris. Tussen het hoornvlies en de iris bevindt zich de **voorste oogkamer**. Tussen de iris en de ooglenzen ligt de **achterste oogkamer**. Beide kamers zijn gevuld met vocht. Achter de iris en de pupil bevindt zich de **ooglens**. Rondom de lens zit het **straalvormig lichaam**. Het hoornvlies, het straalvormig lichaam en de ooglens zorgen ervoor dat op het netvlies een scherp beeld ontstaat van waar je naar kijkt. Lichtstralen die het oog binnenvallen, worden gebroken door het hoornvlies en de ooglens. De binnenste laag van de wand van een oog is het **netvlies**. Het wordt door het glasachtig lichaam op zijn plaats gehouden. In het netvlies liggen de lichtreceptoren. Deze worden geprikkeld wanneer er licht op valt. In de lichtreceptoren ontstaan dan impulsen die via de oogzenuw naar de hersenen worden geleid. In het centrum van het netvlies ligt de **gele vlek**. Met de lichtreceptoren in de gele vlek kun je het scherpst zien. Een laag zenuwcellen verbindt de lichtreceptoren met de oogzenuw. De plaats van het netvlies waar de oogzenuw het oog verlaat, is de **blinde vlek**. Deze plaats is ook de doorgang voor bloedvaten.

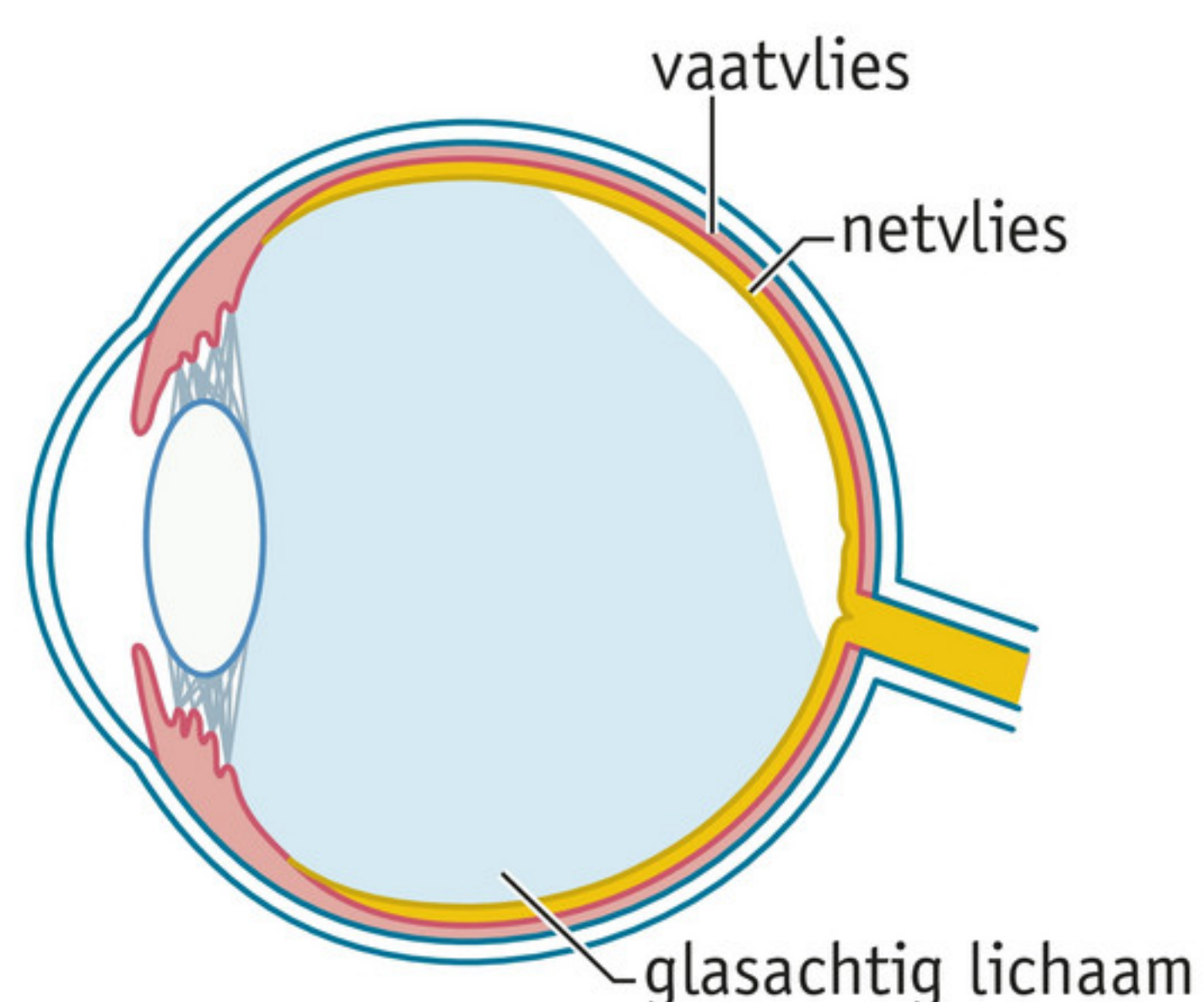
► **Afb. 7** Horizontale doorsnede van het oog (schematisch).



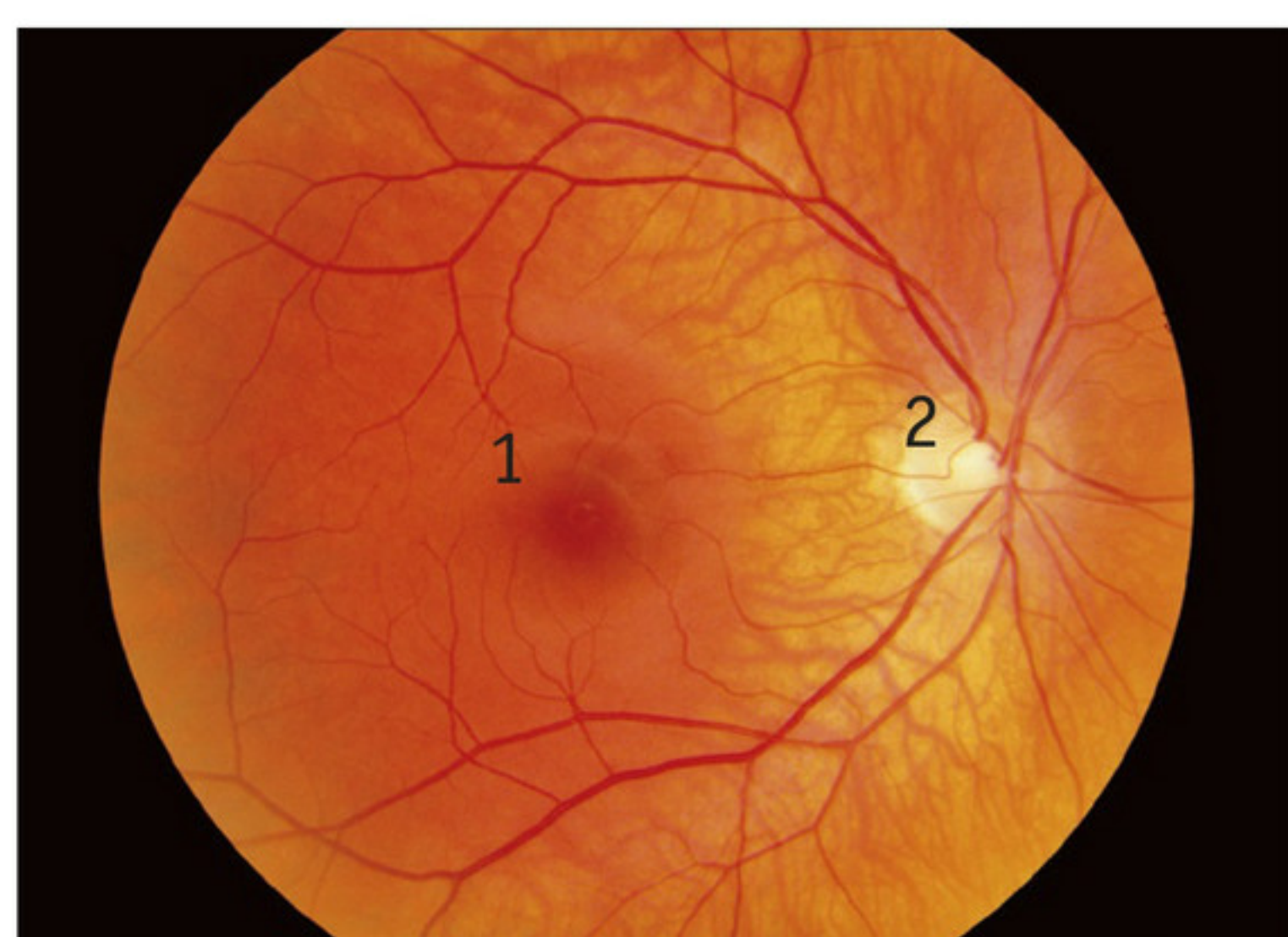
opdrachten

- 7 Waardoor gaat iemand die huult 'snotteren'?
- 8 Het hoornvlies bevat veel zenuwuiteinden. Deze hebben geen myelineschede en zijn daardoor zeer gevoelig. Wanneer je de zenuwuiteinden prikkelt, treedt er een reflex op.
 - a Welke reflex treedt dan op?
 - b Wat zijn de effectoren bij deze reflex en wat is het nut van deze reflex?
 - c Het hoornvlies bestaat uit dekweefselcellen. Het is geheel doorzichtig en bevat geen bloedvaten.
Hoe wordt het hoornvlies aan de buitenkant voorzien van zuurstof? En aan de binnenkant?

- ▼ **Afb. 8** Het glasachtig lichaam achter in het oog laat los.



- ▼ **Afb. 9** De binnenkant van het oog.

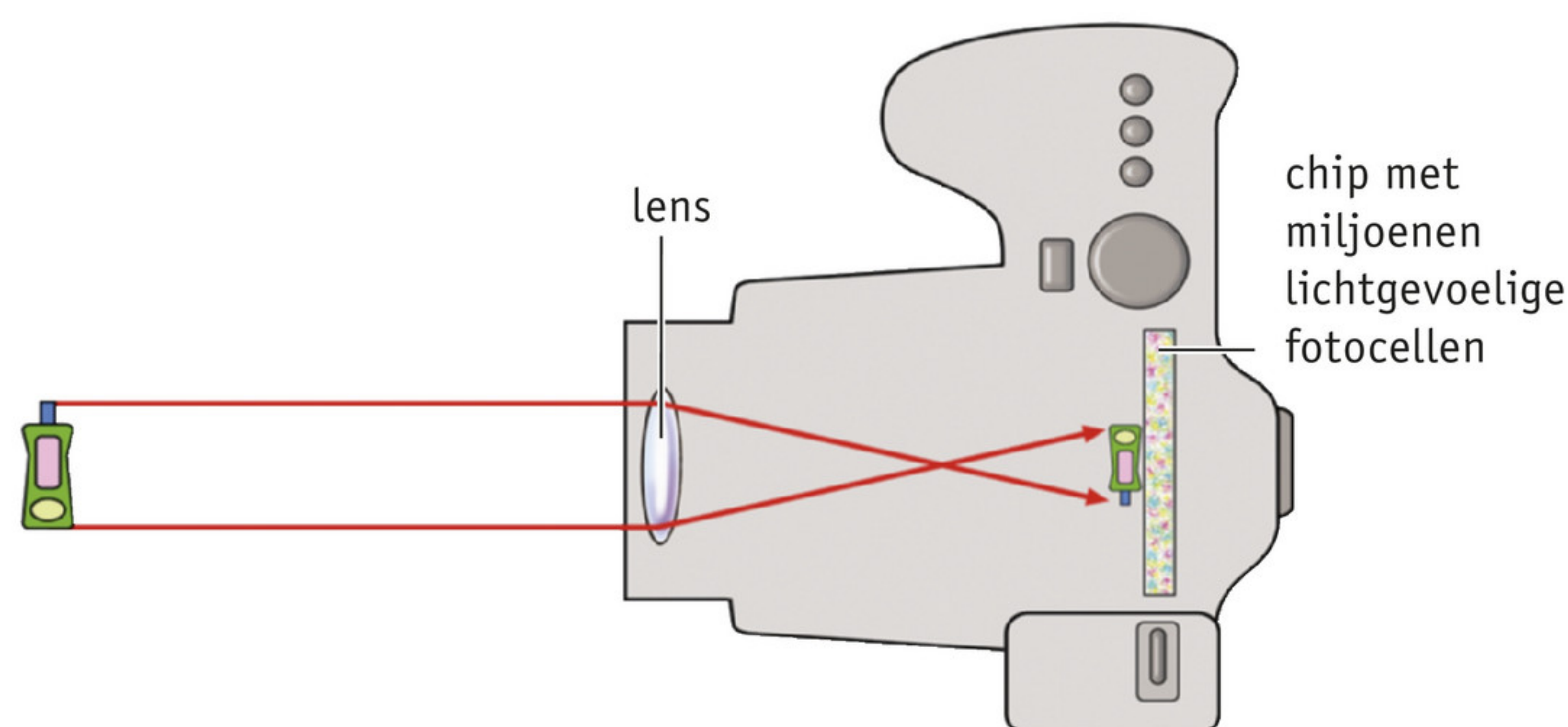


- **Afb. 10** Beeldvorming door lenzen (schematisch).

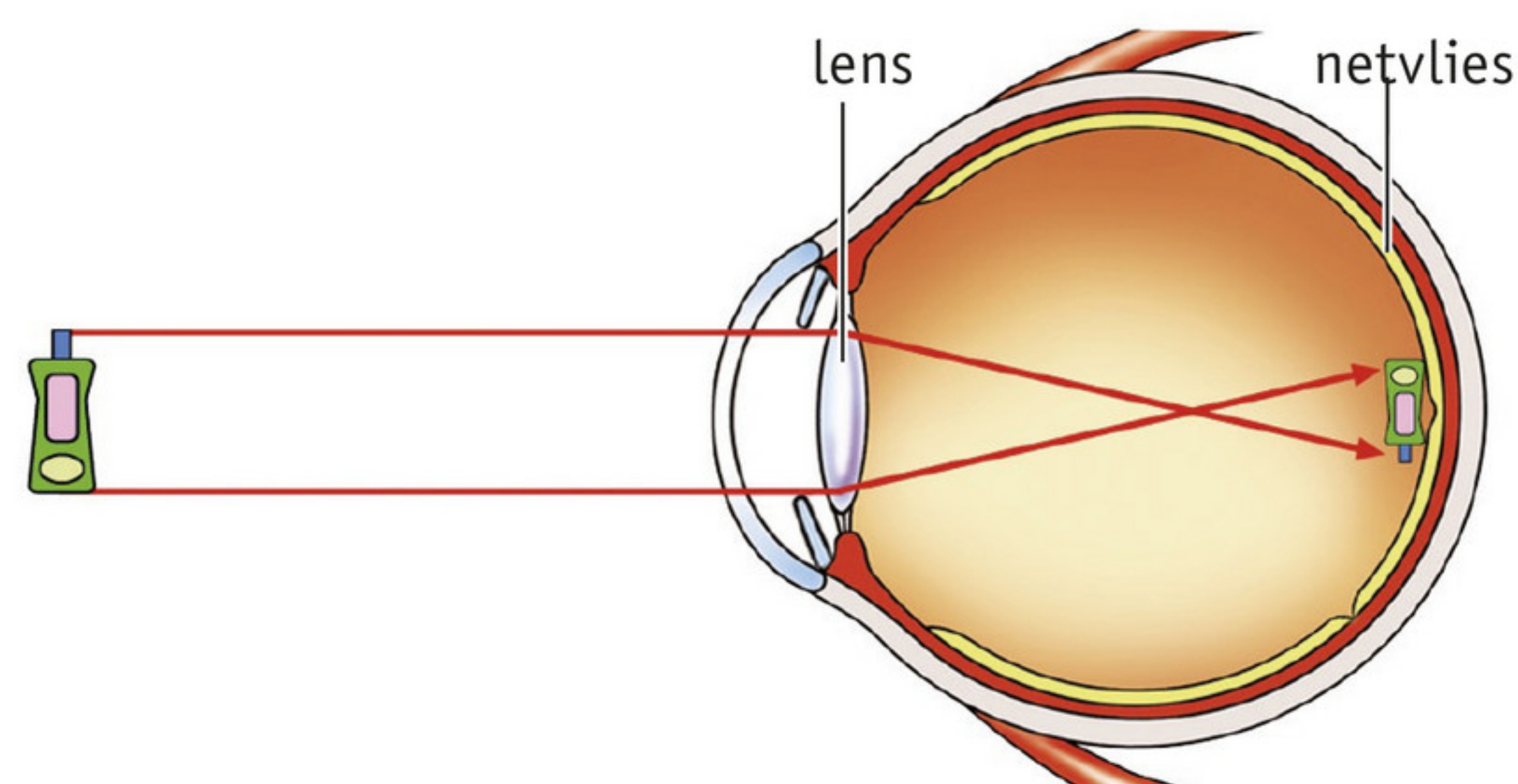
- 9 Een albino kan door een erfelijke afwijking geen pigment maken. Hierdoor heeft een albino een heel witte huid en witte haren en de ogen hebben een rode iris.
- Waardoor is de iris van een albino rood?
 - Het glasachtig lichaam zit aan het netvlies vast. Bij oudere mensen kan het glasachtig lichaam krimpen en aan de achterkant in het oog loslaten (zie afbeelding 8). Je ziet daardoor een wazige of zwarte vlek in het beeld. Wat kan hiervoor een verklaring zijn?
- 10 Afbeelding 9 is het beeld dat een oogarts ziet als hij door de pupil in het oog kijkt.
- Door welke delen van het oog kijkt de oogarts achtereenvolgens?
 - Welk deel van het oog ziet de oogarts als hij door de pupil kijkt?
 - De oogarts ziet onder andere twee vlekken. Welk nummer in de afbeelding geeft de gele vlek aan en welk nummer de blinde vlek? Leg je antwoord uit.

BEELDVORMING

Als je ergens naar kijkt, valt het beeld op het netvlies. Dit beeld is, net als in een camera, omgekeerd en verkleind (zie afbeelding 10). In de lichtreceptoren in het netvlies ontstaan impulsen die door gevoelszenuwcellen naar de gezichtscentra in de grote hersenen worden geleid. Deze verwerken de impulsen zo, dat je het beeld rechtopstaand en in het juiste formaat waarneemt.



1 in een fotocamera



2 in een oog

ACCOMMODEREN

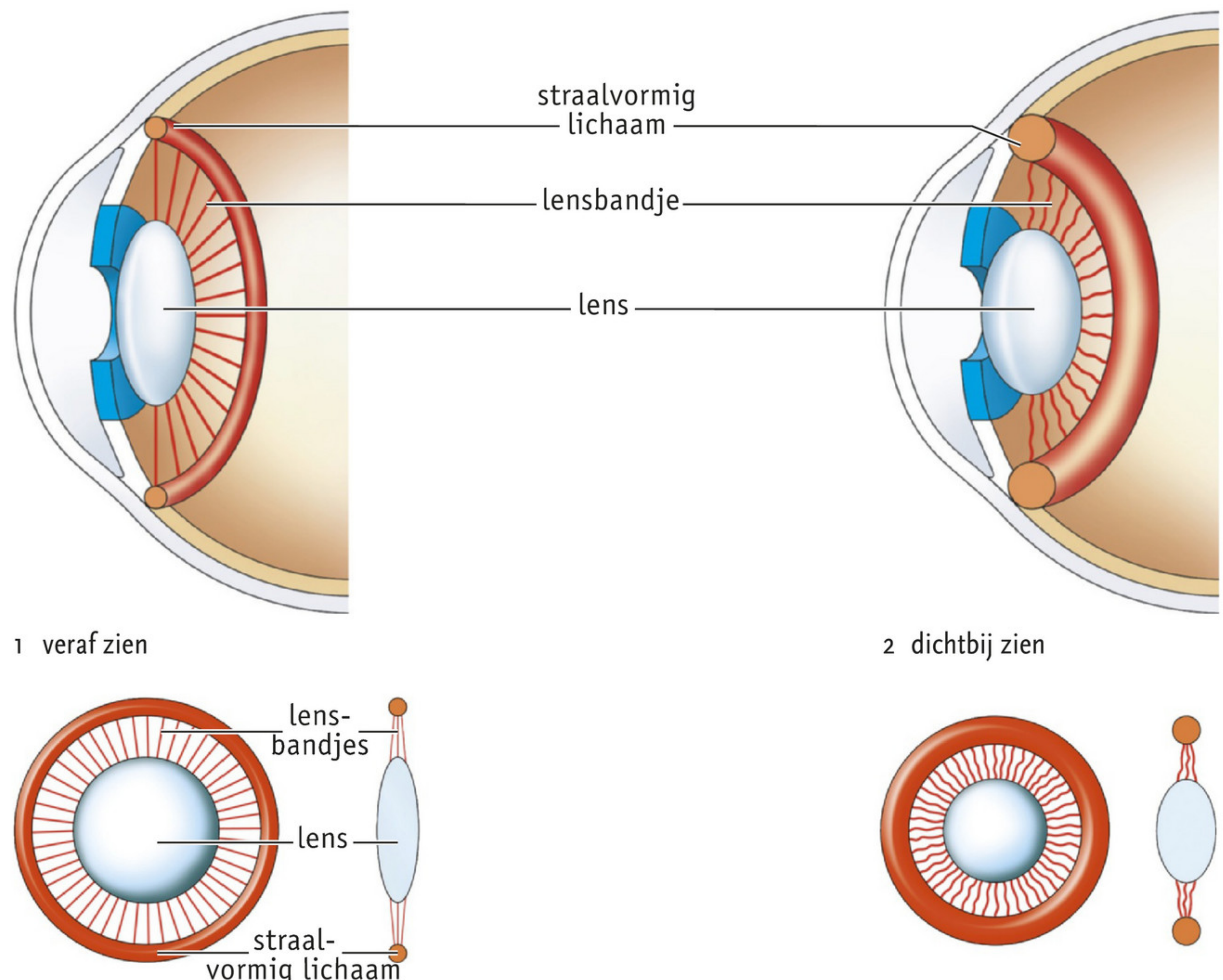
Het ene moment zie je iets van dichtbij scherp en het andere moment iets van veraf. In beide gevallen wordt op het netvlies een scherp beeld gevormd. Je kunt niet tegelijkertijd iets van veraf en iets van dichtbij scherp zien. Er zijn verschillende manieren om een scherp beeld te vormen. Bij vissen en inktvissen kan de lens door spieren naar voren of achteren bewegen. Dat lijkt op het scherpstellen zoals bij een camera.

Bij mensen kan de afstand tussen de ooglenzen en het netvlies niet veranderen. Om scherpe beelden te krijgen van voorwerpen op verschillende afstanden, verandert de vorm van de ooglenzen. Bij mensen verandert de vorm van de ooglenzen.

Een ooglenzen hangt met lensbandjes in het straalvormig lichaam (zie afbeelding 11). In het straalvormig lichaam liggen kringspieren. Als je kijkt naar een voorwerp in de verte (op meer dan vijf meter afstand), zijn de kringspieren in de straalvormige lichamen ontspannen. Je ogen zijn in rusttoestand. Door de druk van de glasachtige lichamen wordt de doorsnede van de straalvormige lichamen groot. Daardoor worden de lensbandjes strak gespannen, waardoor ze aan de ooglenzen trekken. De ooglenzen worden hierdoor platter. Het beeld van het voorwerp op het netvlies is scherp (zie afbeelding 11.1).

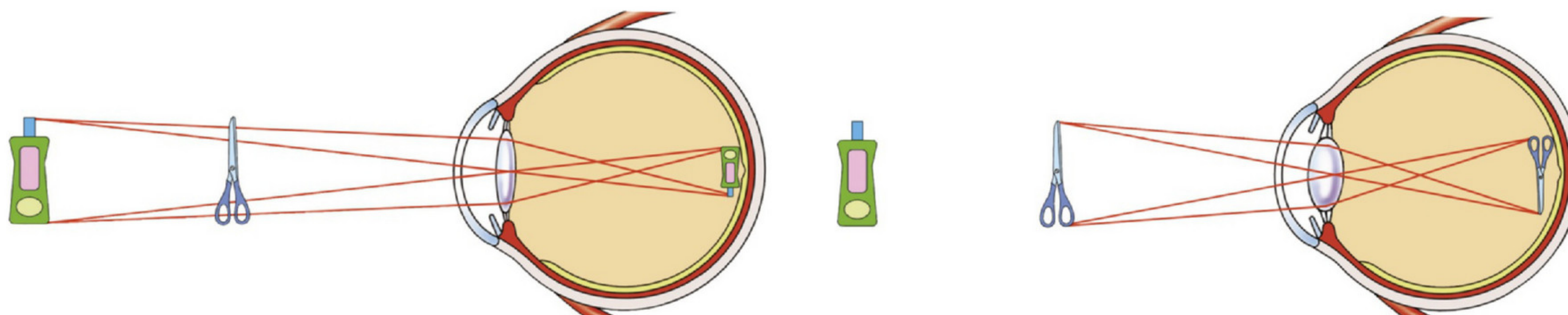
Als je vervolgens naar een voorwerp dichtbij kijkt (op minder dan vijf meter afstand), ontstaat er een onscherp beeld op je netvlies. De kringspieren in de straalvormige lichamen trekken zich dan samen. Hierdoor wordt de doorsnede van de straalvormige lichamen kleiner. Het gevolg is dat de lensbandjes minder strak worden gespannen, waardoor ze minder aan de ooglenzen trekken. De ooglenzen kunnen hierdoor bolter worden (zie afbeelding 11.2).

► **Afb. 11** De ooglenzen en de bevestiging van de ooglenzen (schematisch).



Het boller en platter worden van de lens heet **accommoderen**. Door accommoderen ontstaat, zowel bij dichtbij als veraf zien, een scherp beeld op het netvlies (zie afbeelding 12). Als reactie op een onscherp beeld op het netvlies, verandert door de accommodatiereflex de mate van samentrekking van de kringspieren. Je noemt de kringspieren in de straalvormige lichamen daarom ook wel **accommodatiespieren**.

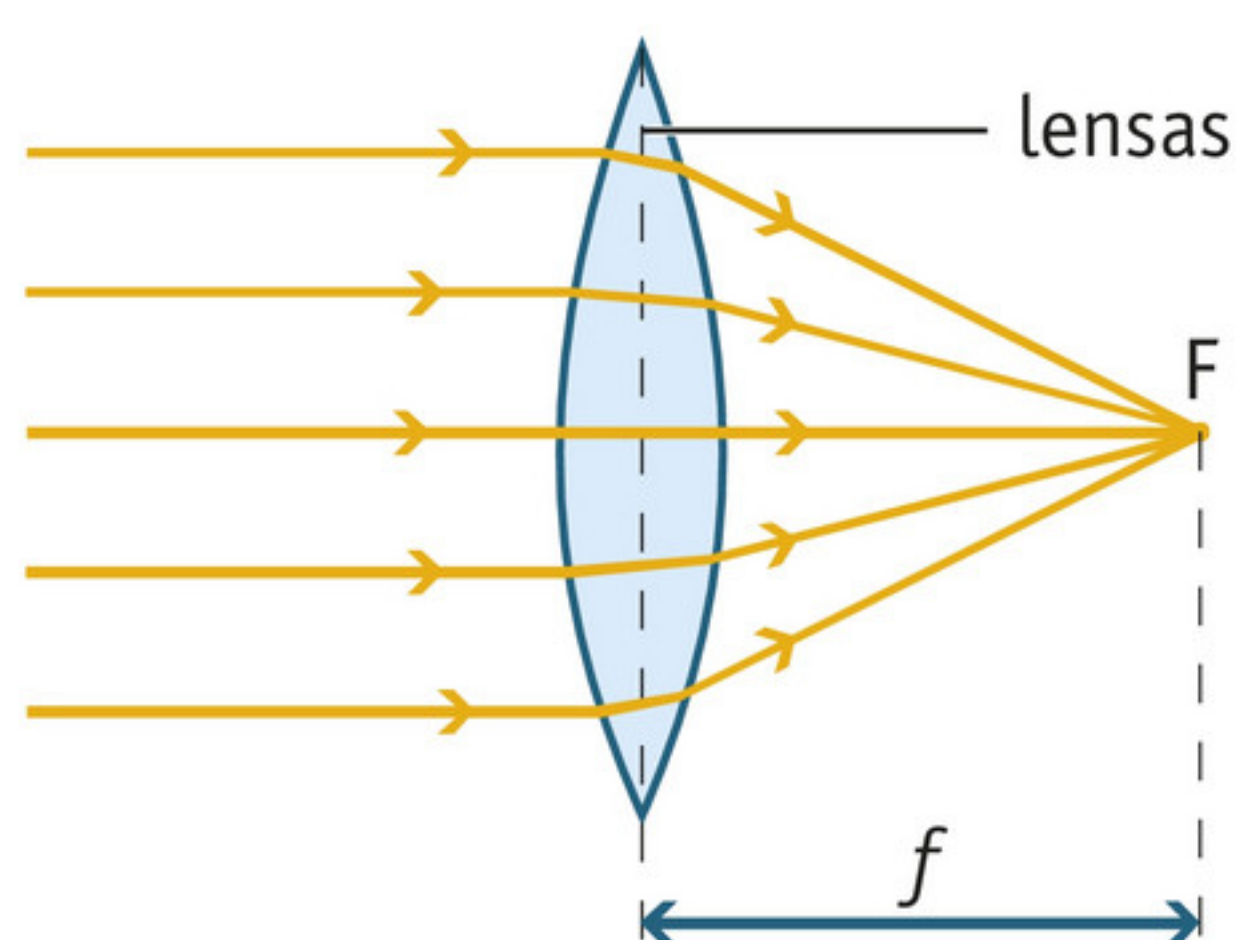
▼ **Afb. 12** Accommoderen van de ooglenzen.



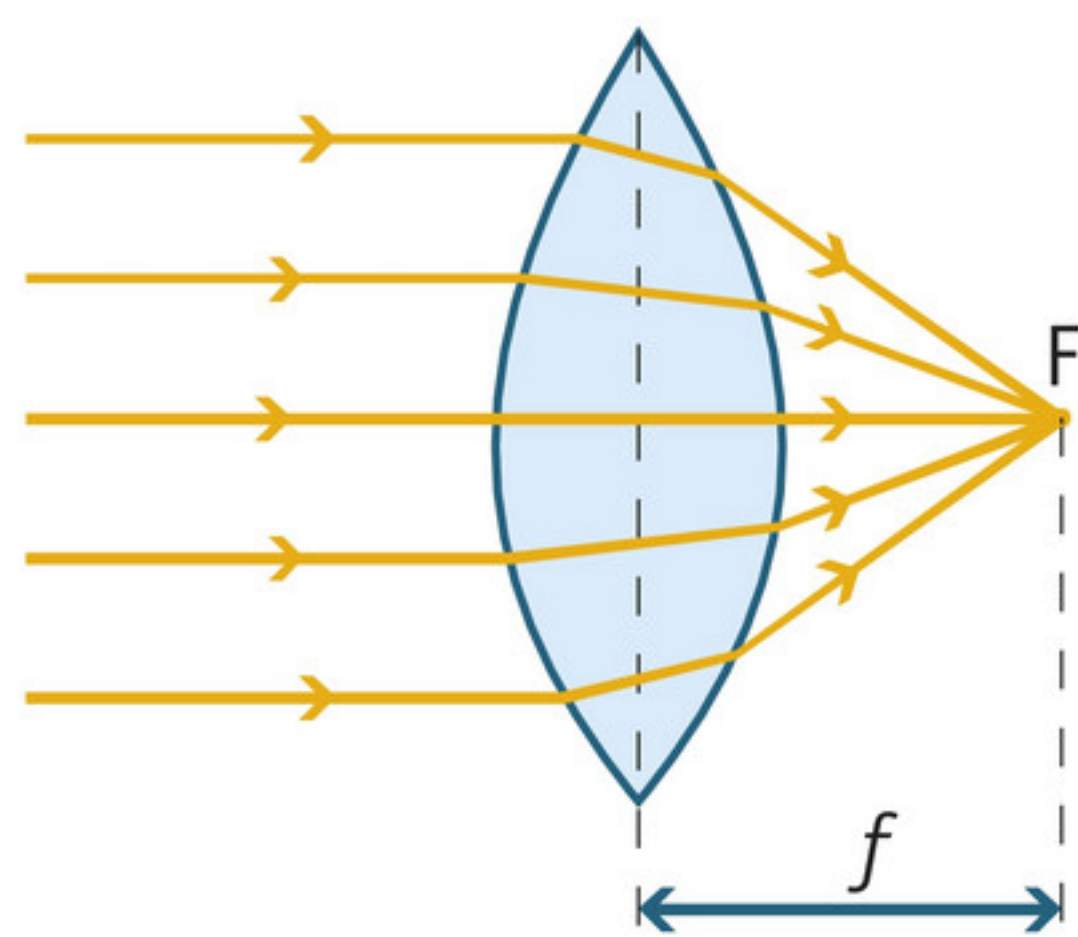
1 De ooglenzen is minder bol bij veraf zien.

2 De ooglenzen is boller bij dichtbij zien.

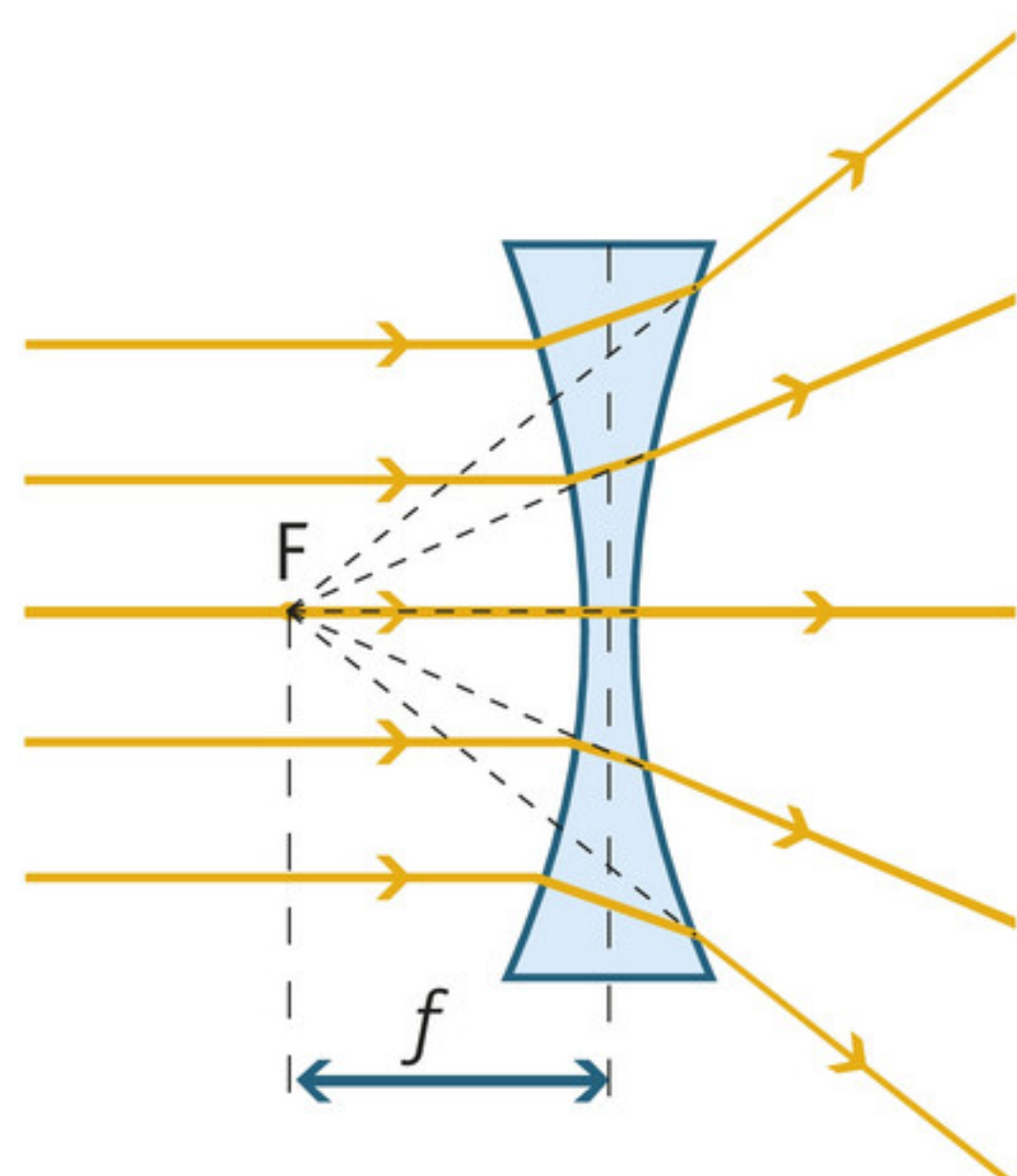
▼ **Afb. 13** Lichtbreking door lenzen.



1 door een bolle (positieve lens)



2 door een nog bollere lens



3 door een holle (negatieve) lens

opdrachten

- 11
 - a Waar in het oog liggen de receptoren van de accommodatiereflex?
 - b Waar bevinden zich de effectoren van de accommodatiereflex?
 - c Waar bevinden zich de conductoren van de reflexboog van de accommodatiereflex?
 - d Dion kijkt naar een voorwerp dat zich op 8 m afstand van zijn ogen bevindt en daarna naar een voorwerp dat zich op 1 m van zijn ogen bevindt. Hierdoor verandert de vorm van zijn ooglenzen. Neemt bij Dion de spanning in de lensbandjes af of toe? Leg je antwoord uit.
- 12 Koen houdt met gestrekte arm een potlood voor zich.
 - a Zal hij het potlood scherp waarnemen als de accommodatiespieren in zijn ogen ontspannen zijn?
 - b Wanneer Koen lang naar een computerscherm kijkt, krijgt hij last van vermoeide, branderige ogen. Leg uit hoe dat komt.

LICHTBREKING DOOR POSITIEVE EN NEGATIEVE LENZEN

Lichtstralen worden gebroken op plaatsen waar ze overgaan van het ene medium (gas, vloeibaar of vast) naar het andere medium. Lichtstralen worden zo in een andere richting gebogen. Je kunt twee soorten lenzen onderscheiden. Bolle of **positieve lenzen** zijn in het midden dikker dan aan de randen en buigen de lichtstralen naar elkaar toe (zie afbeelding 13.1). Dit heet **convergeren**. Lichtstralen die evenwijdig aan elkaar op een bolle lens vallen, komen achter de lens bij elkaar in het **brandpunt** (F). Hoe boller de lens, hoe kleiner de **brandpuntsafstand** (f). Dit is de afstand gemeten tussen de as van de lens en brandpunt F (zie afbeelding 13.2). Holle of **negatieve lenzen** zijn in het midden dunner dan aan de randen en spreiden (**divergeren**) het licht (zie afbeelding 13.3). De lichtstralen die de lens verlaten, lijken uit één punt afkomstig te zijn. Het brandpunt ligt bij holle lenzen vóór de lens. De brandpuntsafstand heeft dan een negatieve waarde.

In afbeelding 14.1 zijn vijf evenwijdige lichtstralen getekend, afkomstig van één punt van een voorwerp A op grote afstand van de lens. De afstand vanaf het voorwerp tot aan de lens-as heet de **voorwerpsafstand** (v). Om een scherp beeld van dit punt te krijgen, moeten deze lichtstralen weer in één punt, beeldpunt A' , bij elkaar komen. Ook van elk ander punt van het voorwerp moeten de lichtstralen weer in één punt samenkomen. Al deze punten samen leveren een beeld op van het voorwerp. Als je op de brandpuntsafstand achter een bolle lens een scherm plaatst, kun je dit beeld zichtbaar maken.

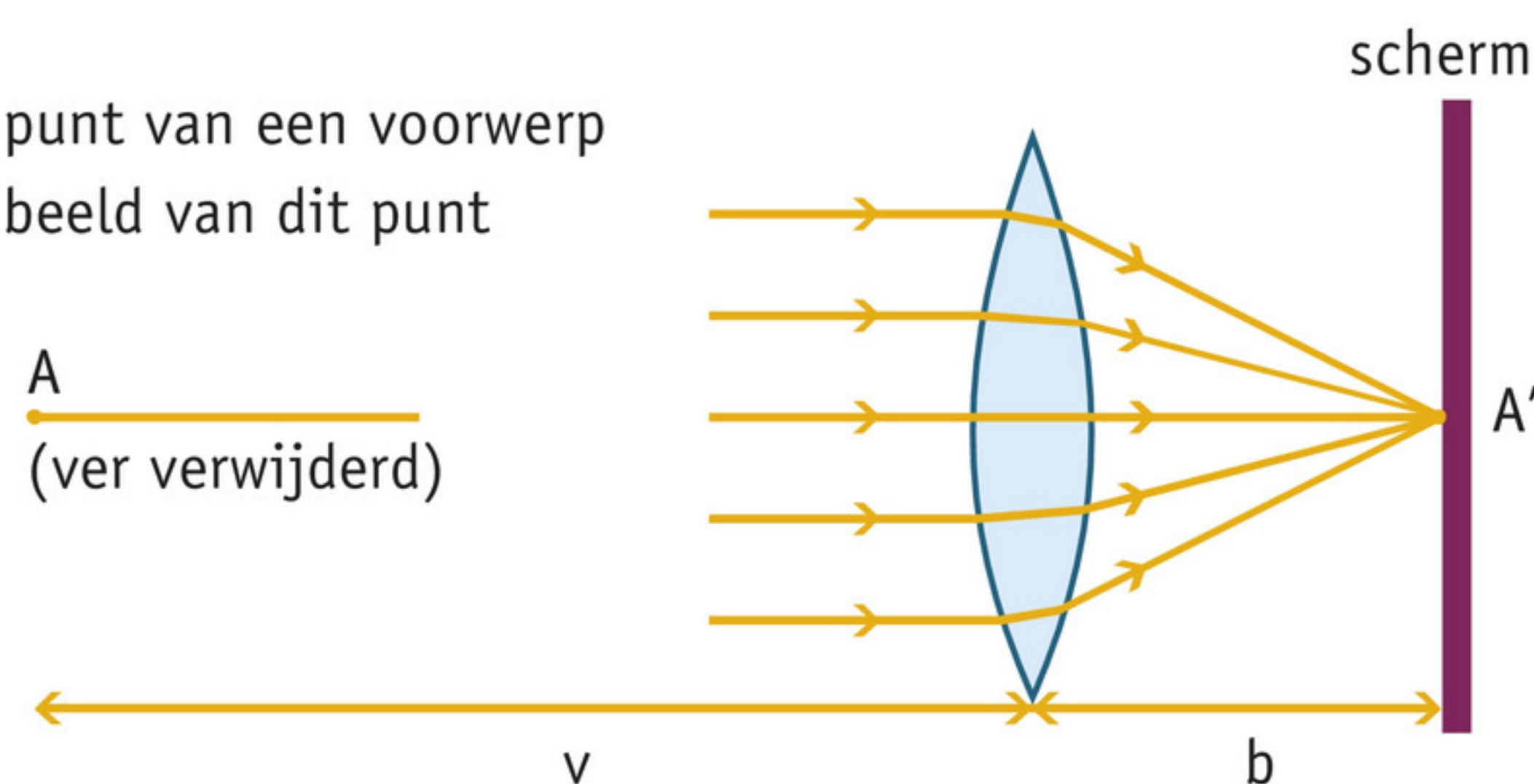
Lichtstralen die afkomstig zijn van een punt A dichtbij, vallen divergerend op de lens (zie afbeelding 14.2). De lichtstralen worden door de bolle lens even sterk gebroken, maar de breking van de lichtstralen is niet sterk genoeg. De plaats waar deze stralen bij elkaar komen, valt daardoor achter het scherm. Op het scherm ontstaat zo een onscherp beeld.

Om het beeld scherp te krijgen, is een sterkere breking van de lichtstralen nodig. Daarvoor kun je de afstand tussen de lens en het scherm (**beeldafstand** b) vergroten of de lens vervangen door een bollere lens (zie afbeelding 14.3).

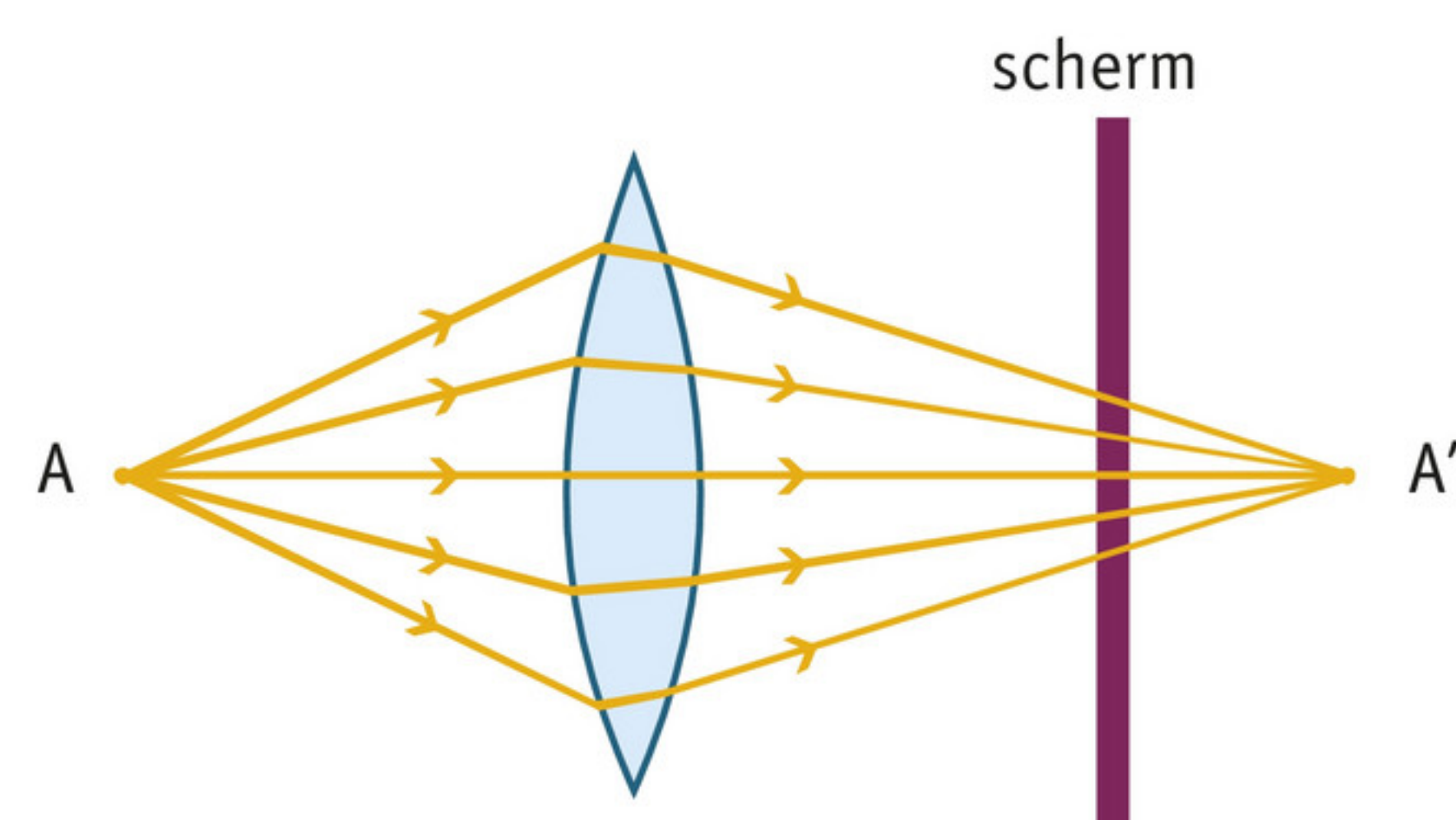
Ooglenzen zijn altijd bol. Lichtstralen buigen door de bolle vorm van het hoornvlies en de ooglenzen naar elkaar toe. Dit gebeurt vooral door het hoornvlies. Door accommodatie varieert de brandpuntsafstand van ooglenzen en ontstaat een scherp beeld.

► **Afb. 14** Lichtbreking door een bolle lens.

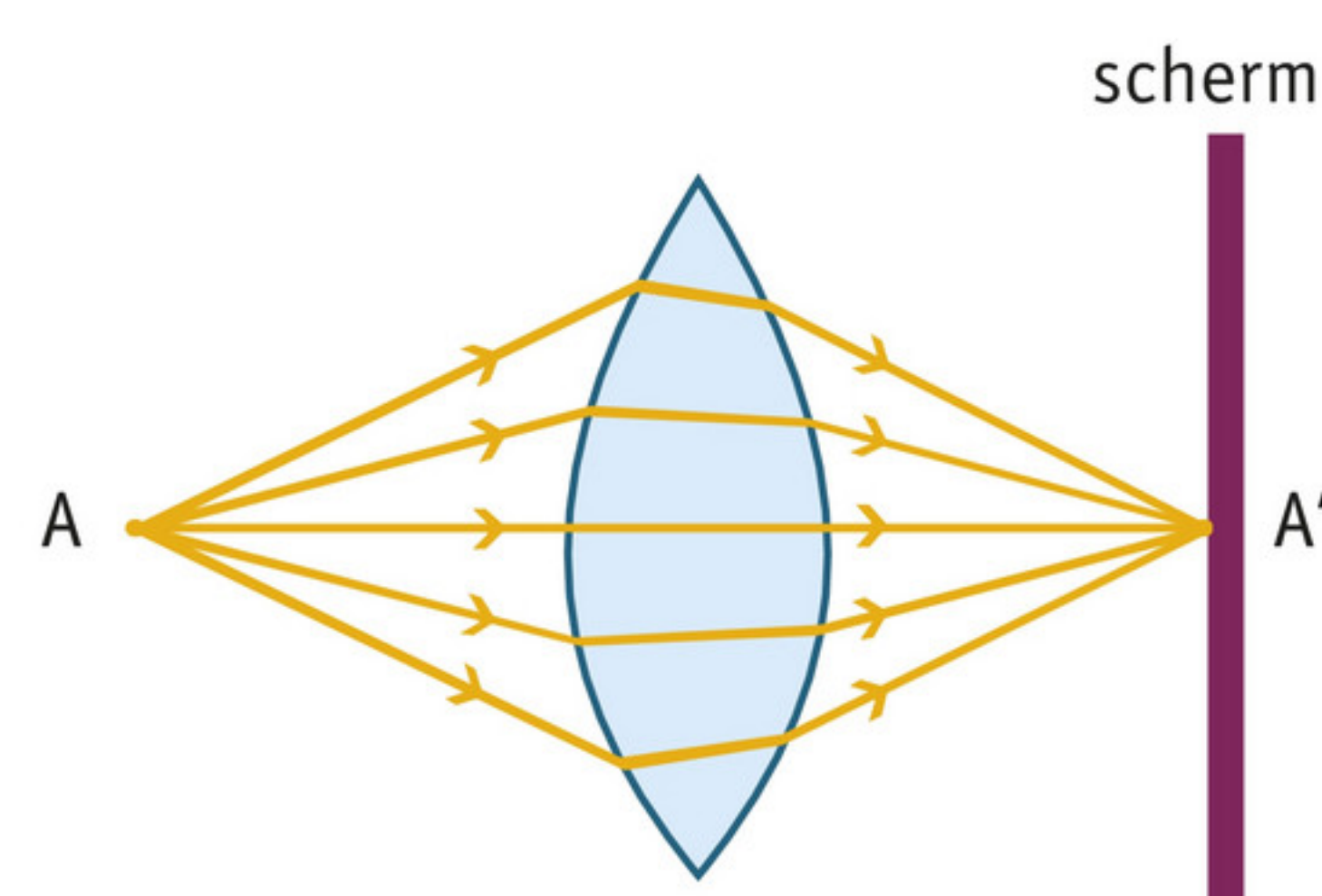
A = punt van een voorwerp
 A' = beeld van dit punt



1 Een voorwerp veraf geeft een scherp beeld.



2 Een voorwerp dichtbij geeft een onscherp beeld.



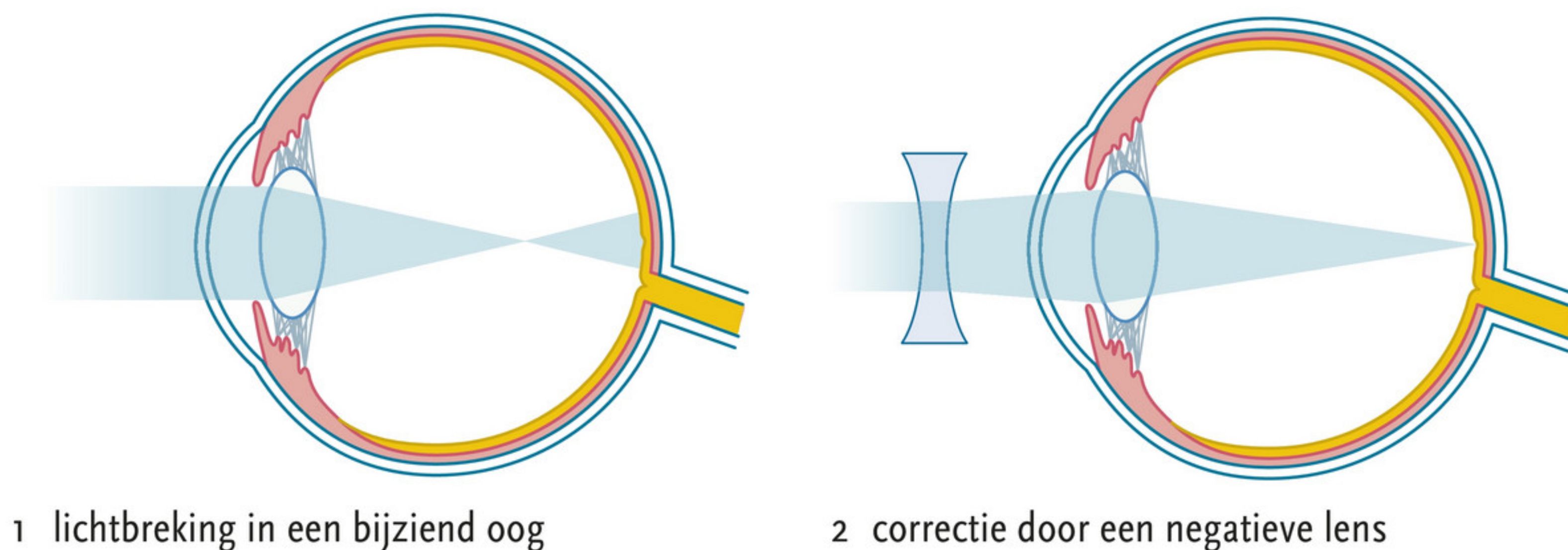
3 Een voorwerp dichtbij geeft een scherp beeld wanneer een bollere lens wordt gebruikt.

OOGAFWIJKINGEN

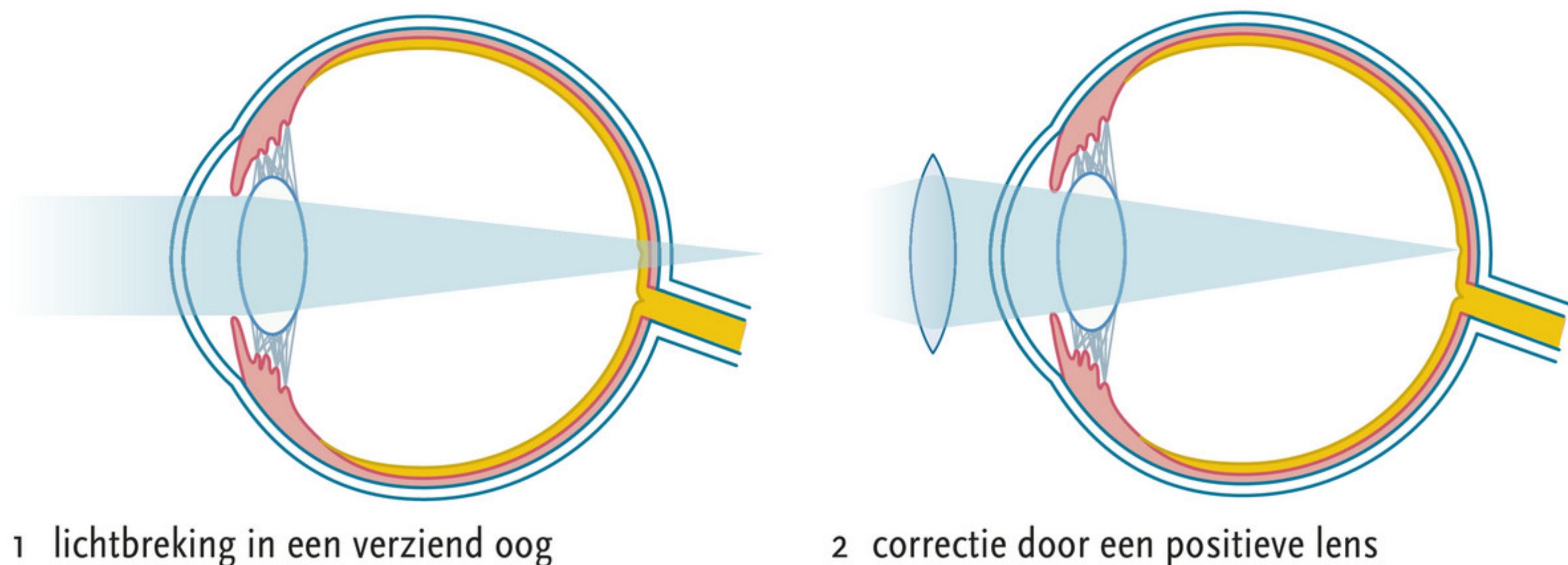
Bij mensen die **bijziend** zijn, is de oogbol te lang of worden de lichtstralen door het hoornvlies en/of de lens te sterk gebroken (zie afbeelding 15.1). Je ziet dan voorwerpen van veraf niet scherp, maar voorwerpen van dichtbij wel. Bijziendheid kun je corrigeren met holle (negatieve) brillenglazen of contactlenzen (zie afbeelding 15.2).

Bij mensen die **verziend** zijn, is de oogbol te kort of worden de lichtstralen door het hoornvlies en/of de lens niet voldoende gebroken (zie afbeelding 16.1). Je ziet dan voorwerpen van dichtbij niet scherp, maar voorwerpen van veraf wel. Verziendheid kun je corrigeren met bolle (positieve) brillenglazen of contactlenzen (zie afbeelding 16.2).

► **Afb. 15** Lichtbreking en correctie bij een bijziend oog.



► **Afb. 16** Lichtbreking en correctie bij een verziend oog.



opdrachten

- 13 Je brengt een voorwerp steeds dichterbij een bolle lens met een vast brandpunt.
 - a Wat gebeurt er met de beeldafstand wanneer de voorwerpsafstand kleiner wordt? Licht je antwoord toe.
 - b In een fotocamera met verwisselbare lenzen wordt een bolle lens vervangen door een lens die minder bol is. Met beide lenzen kun je scherpe foto's maken van objecten op grote afstand. Welke van beide lenzen bevindt zich het dichtst bij de chip met lichtgevoelige fotocellen? Leg je antwoord uit.
- 14 Zoet- en zoutwatervissen met een beenskelet zijn beenvissen. Ze kunnen hun lenzen door spieren in de richting van het netvlies trekken.
 - a Trekken deze spieren zich samen naarmate een voorwerp dichterbij komt of naarmate het verderaf gaat? Leg je antwoord uit.
 - b Amfibieën kunnen hun lenzen door spieren naar de voorkant van de ogen trekken. Trekken deze spieren zich samen naarmate een voorwerp dichterbij komt of naarmate het verderaf gaat? Leg je antwoord uit.

- 15 a Voor iemand die bijziend is, is het geen probleem om voorwerpen dichtbij scherp te zien.
Leg dit uit.
- b Het is voor iemand die bijziend is wel een probleem om veraf voorwerpen scherp te zien.
Leg dit uit.
- c Voor iemand die verziend is, is het geen probleem om voorwerpen van veraf scherp te zien.
Leg dit uit.

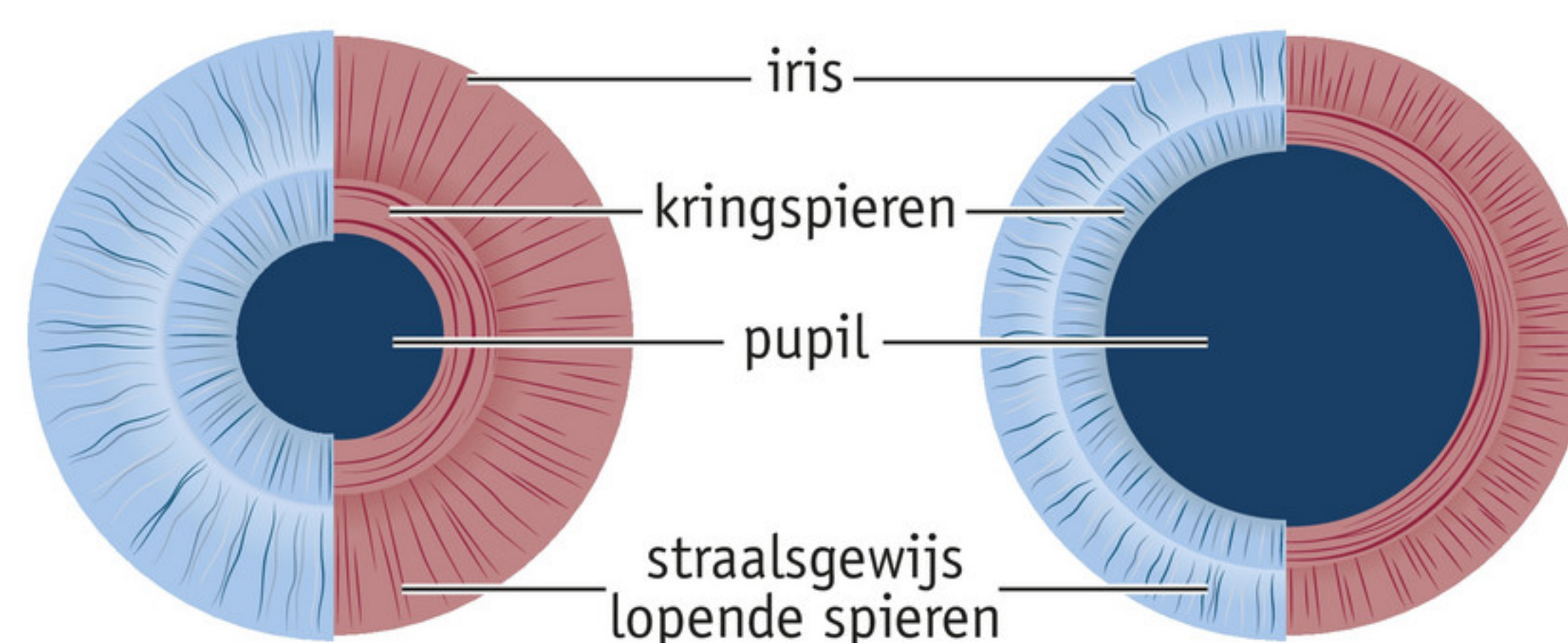
DE PUPILREFLEX

De intensiteit van het licht dat je ogen binnenvalt, is niet altijd gelijk. Een te hoge lichtintensiteit kan de lichtreceptoren in het netvlies beschadigen. Je wimpers vormen een eerste bescherming tegen te fel licht, maar de **pupilreflex** is de belangrijkste bescherming. Deze regelt de hoeveelheid licht die op het netvlies valt.

In de iris bevinden zich kringspieren en **straalsgewijs lopende spieren** (zie afbeelding 17). Samen bepalen zij de pupilgrootte. Als de kringspieren zich samentrekken, wordt de pupil kleiner. Als de straalsgewijs lopende spieren zich samentrekken, wordt de pupil groter. Het groter of kleiner worden van de pupil heeft geen invloed op het oppervlak van het netvlies dat wordt geprikkeld.

►► PRACTICUMOPDRACHT 1

► **Afb. 17** De pupilreflex.



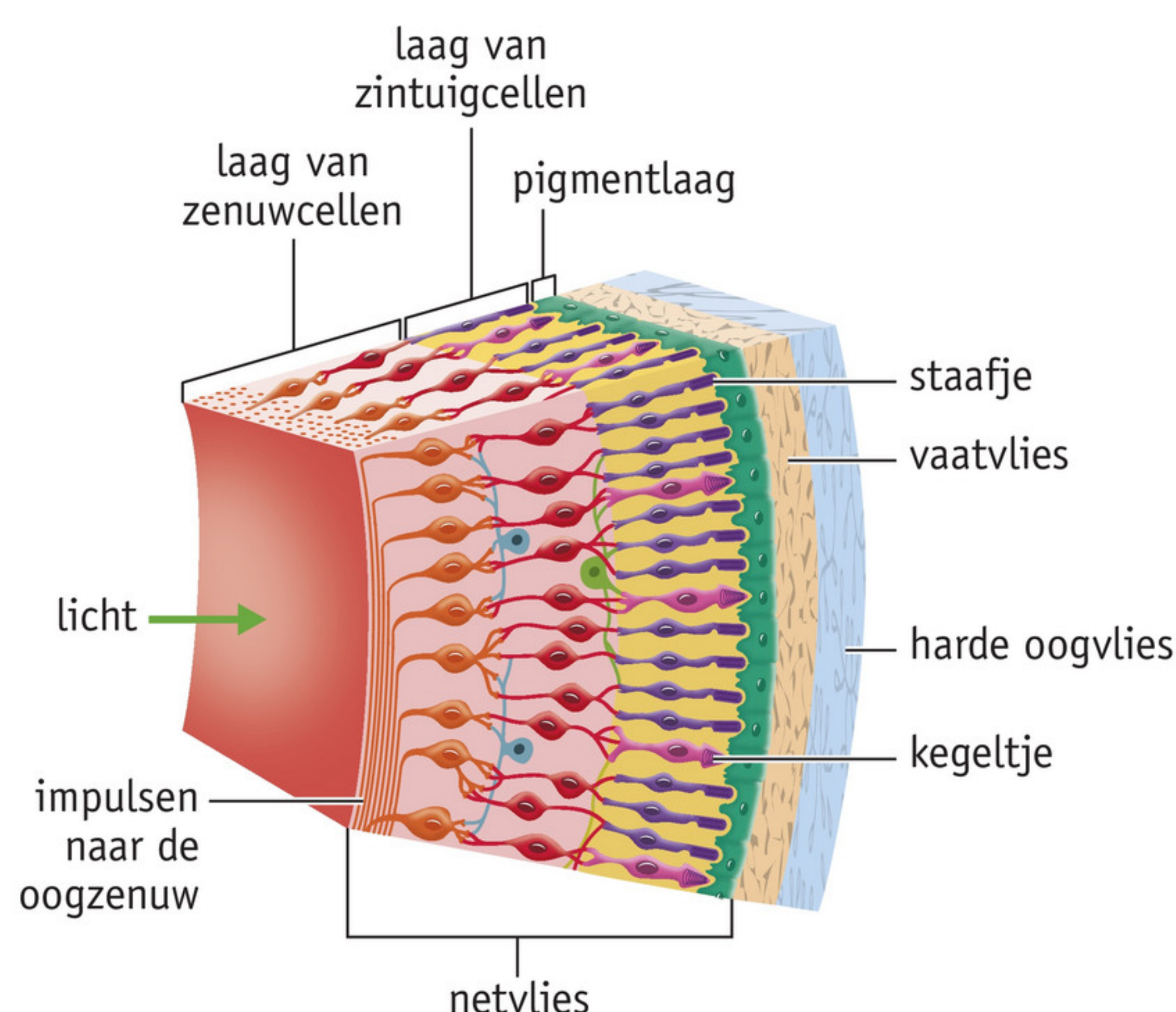
opdrachten

- 16 a Welke spieren in de iris trekken zich samen als er fel licht in de ogen valt?
b In welke receptoren ontstaan impulsen die leiden tot de pupilreflex?
- 17 Via welk deel van het centrale zenuwstelsel verloopt de reflexboog van de pupilreflex?
- 18 Een optometrist kan de gezondheid van je oog beoordelen. Een optometrist wil de iris van iemand bekijken.
a Schijnt de optometrist dan fel licht of zwak licht op het oog? Leg je antwoord uit.
b Als binnenshuis een foto met behulp van flitslicht wordt gemaakt, hebben de mensen op de afdruk vaak rode ogen.
Hoe komt dat?

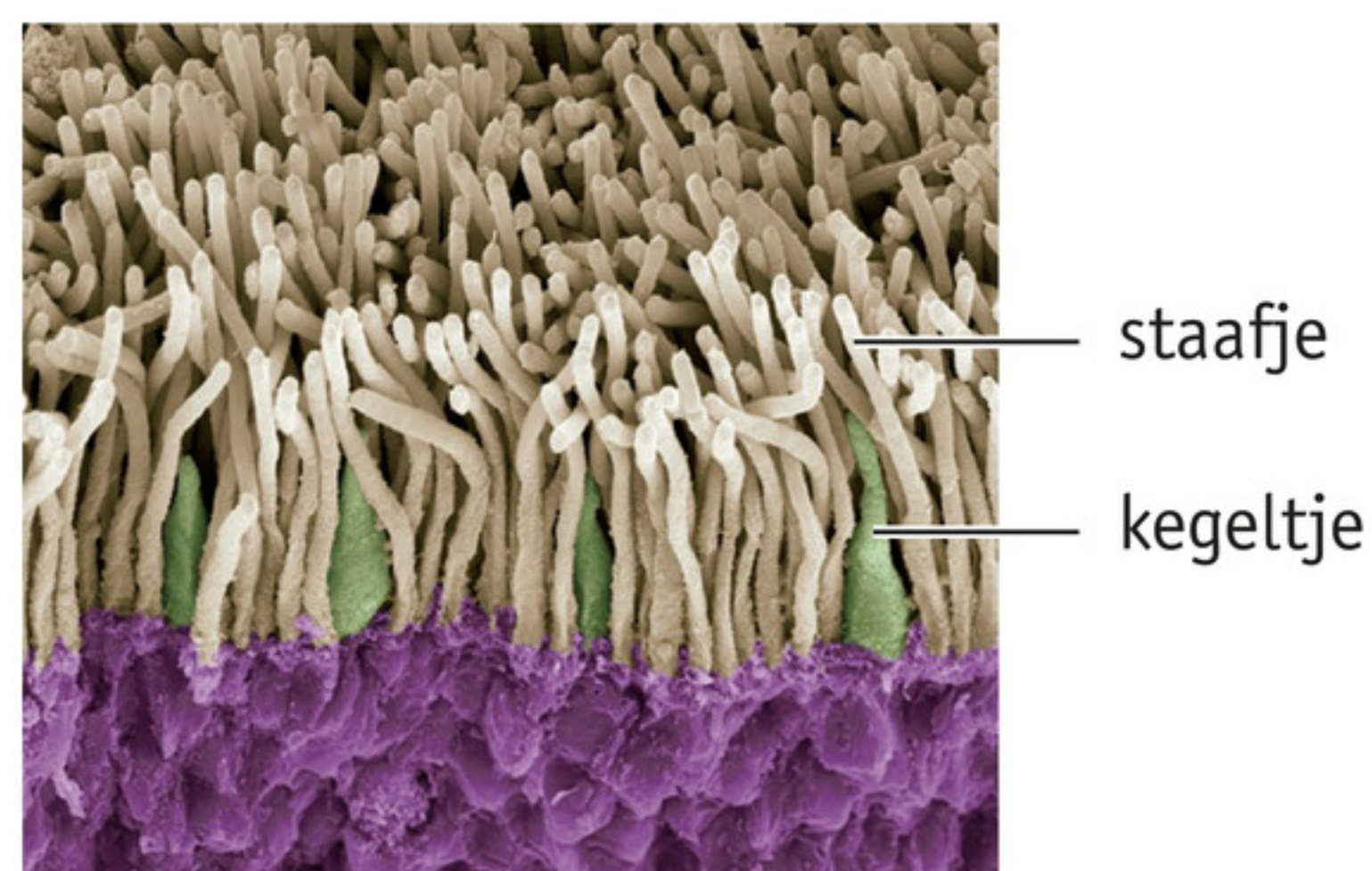
DE BOUW EN WERKING VAN HET NETVLIES

In afbeelding 18 is een doorsnede van een deel van de wand van een oog getekend vlak bij de gele vlek. Vanaf het glasachtig lichaam bestaat het netvlies uit een laag zenuwcellen, een laag lichtreceptoren (gezichtszintuigcellen) en een laag pigmentcellen. De laag pigmentcellen ligt tegen het vaatvlies aan. Het pigment absorbeert licht en beschermt de zintuigcellen zo tegen te sterke lichtprikkelers. Het lichtgevoelige deel van de zintuigcellen ligt tegen de donkere pigmentlaag aan. Licht dat een oog binnenvalt, gaat in het netvlies eerst door de laag zenuwcellen heen voordat het de lichtreceptoren bereikt. De zenuwcellen en lichtreceptoren zijn transparant. De impulsen die in de lichtreceptoren ontstaan, worden naar de zenuwcellen geleid. Uitlopers van de zenuwcellen verlaten het oog via de oogzenuw. In de blinde vlek gaan de uitlopers door het netvlies, het vaatvlies en het harde oogvlies heen. Het netvlies wordt op deze plaats onderbroken en daarom liggen op de blinde vlek geen zintuigcellen.

► **Afb. 18** Deel van de oogwand bij de gele vlek (schematisch).



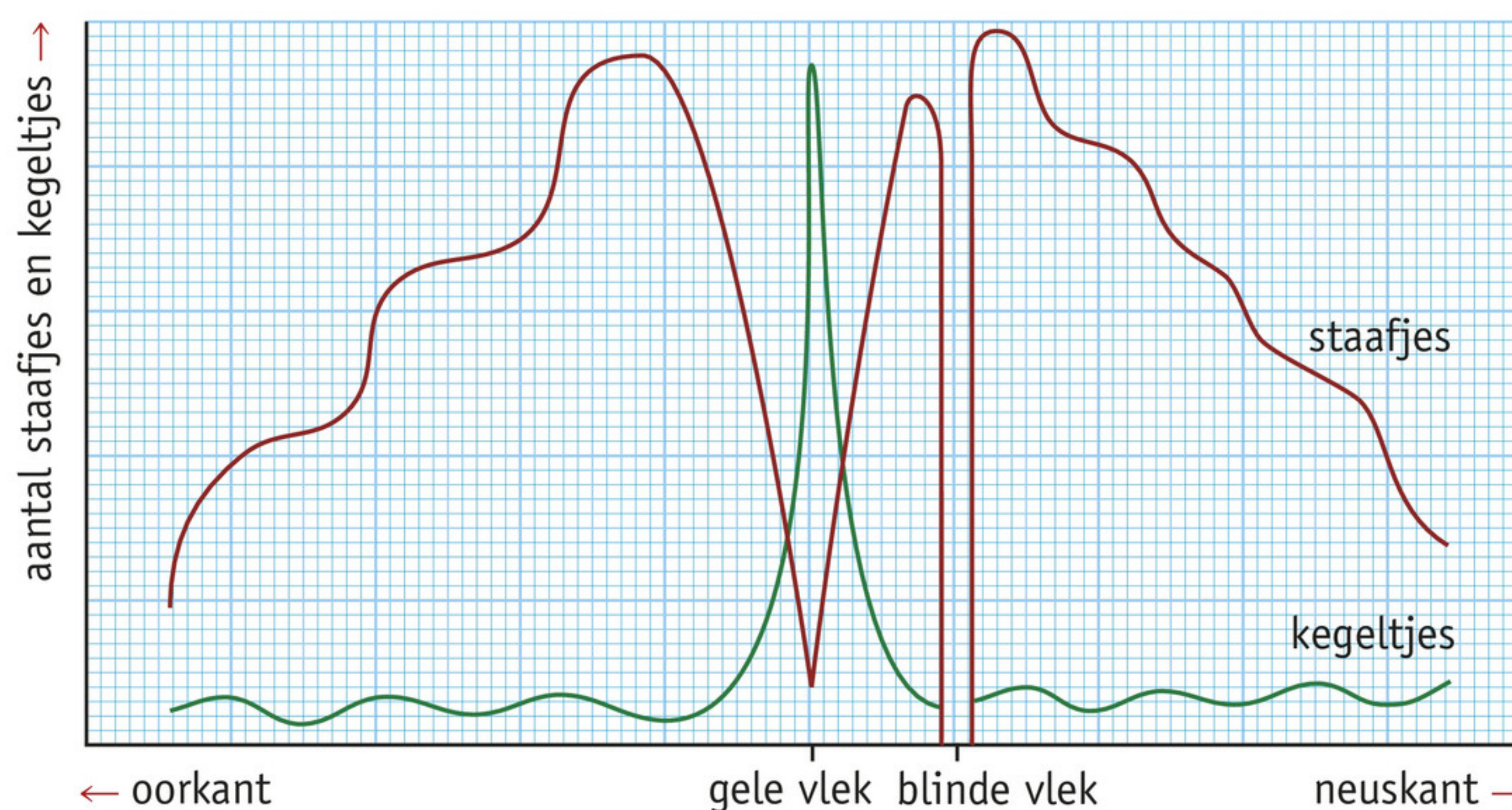
▼ **Afb. 19** Staafjes en kegeltjes in het netvlies (SEM, 1800×).



CONTRASTEN EN KLEUREN

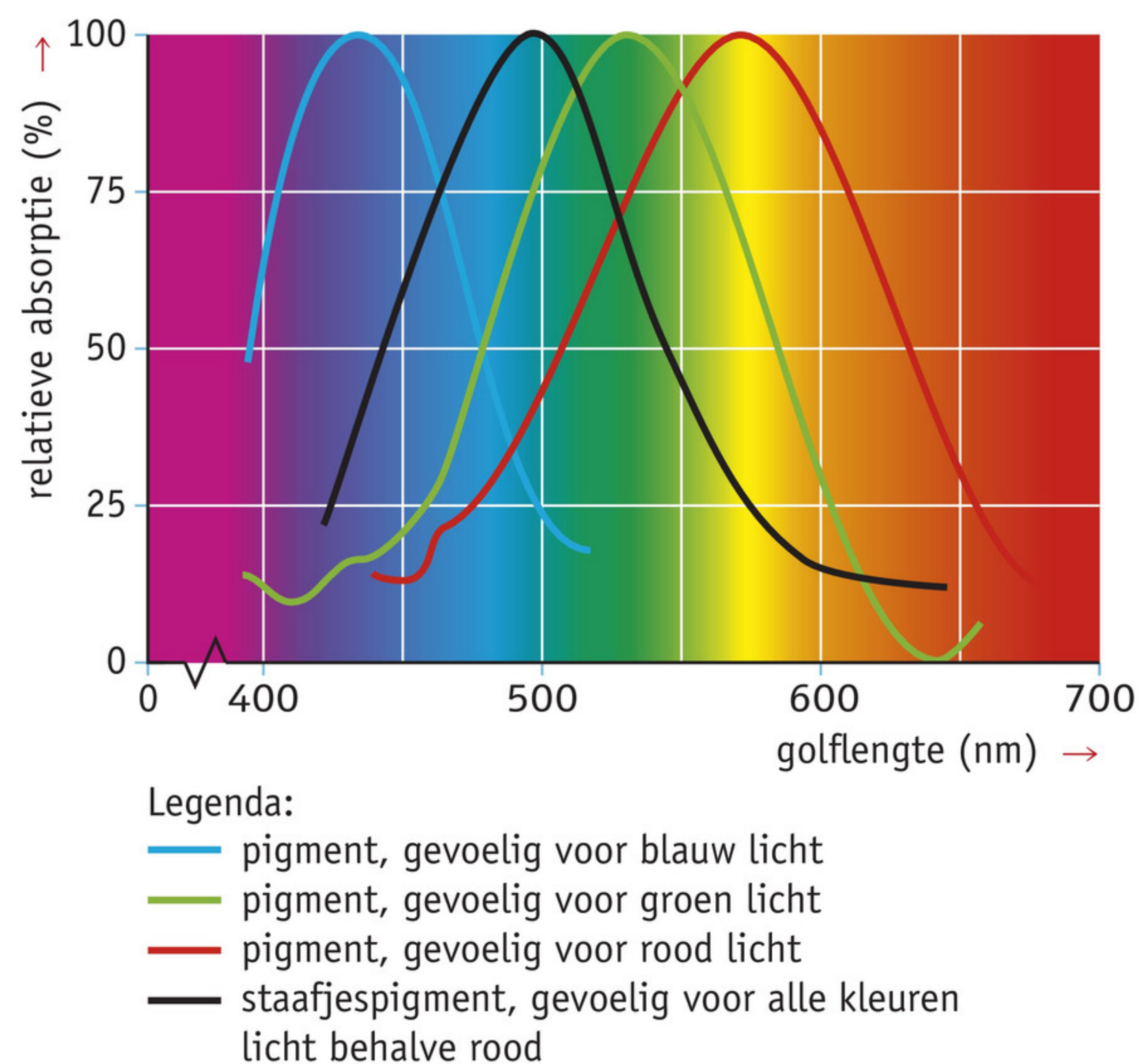
In het netvlies liggen twee soorten lichtreceptoren die vanwege hun vorm staafjes en kegeltjes worden genoemd (zie afbeelding 19). De lichtreceptoren bestaan voor 95% uit **staafjes**. De staafjes liggen verspreid over het hele netvlies, maar nauwelijks in de gele vlek en helemaal niet in de blinde vlek (zie afbeelding 20). De staafjes hebben een lage prikkeldempel voor licht. Ze zijn gevoelig voor bijna alle kleuren licht, maar vrijwel ongevoelig voor rood licht. Je kunt met staafjes alleen contrasten waarnemen in zwart-grijs-wit.

► **Afb. 20** De verdeling van staafjes en kegeltjes over het netvlies.



Kegeltjes hebben een hogere prikeldrempel dan staafjes. Met kegeltjes kun je kleuren en details waarnemen. Er zijn drie typen kegeltjes die elk gevoelig zijn voor een andere kleur licht. Eén type is gevoelig voor rood licht, een ander type voor groen licht en het derde type voor blauw licht. De drie typen kegeltjes bevatten elk een ander lichtgevoelig pigment. De gevoeligheid van deze pigmenten voor de verschillende golflengten van het licht is in afbeelding 21 weergegeven. Kegeltjes liggen vooral in de gele vlek en de directe omgeving daarvan. Met dit deel van het netvlies kun je het scherpst zien. Aan de rand van het netvlies komen geen kegeltjes voor.

► **Afb. 21** Absorptiespectra van kegeltjes en staafjes.



▼ **Afb. 22** Rood-groen-blauw kleurenvorming.



Doordat de drie typen kegeltjes in verschillende mate tegelijkertijd kunnen worden geprikkeld, kun je veel verschillende kleuren zien. Dit is vergelijkbaar met de vorming van kleuren op een beeldscherm (zie afbeelding 22). Wanneer de drie typen even sterk worden geprikkeld, neem je wit licht waar.

Staaftjes en kegeltjes staan via synapsen in contact met zenuwcellen. De cellichamen van deze zenuwcellen liggen in het netvlies. De impulsen van elk kegeltje worden apart doorgegeven aan één zenuwcel. De impulsen van vele kegeltjes worden daardoor in het gezichtscentrum vertaald in een gedetailleerd en scherp beeld. Bij staaftjes worden de impulsen van zo'n vijftig tot honderd staaftjes aan één zenuwcel doorgegeven. De beeldvorming van staaftjes is daardoor minder scherp dan bij kegeltjes.

opdrachten

- 19 a In welke volgorde passeert licht door de verschillende lagen van het netvlies?
- b In de gele vlek komen vrijwel alleen kegeltjes voor. Waardoor neem je in de gele vlek het scherpste beeld waar?
- c Wat neem je waar van groen licht dat wordt geabsorbeerd door de staaftjes? Leg je antwoord uit.
- d Bij albino's beschadigen de lichtzintuigcellen eerder dan bij mensen die geen albino zijn. Leg dit uit.

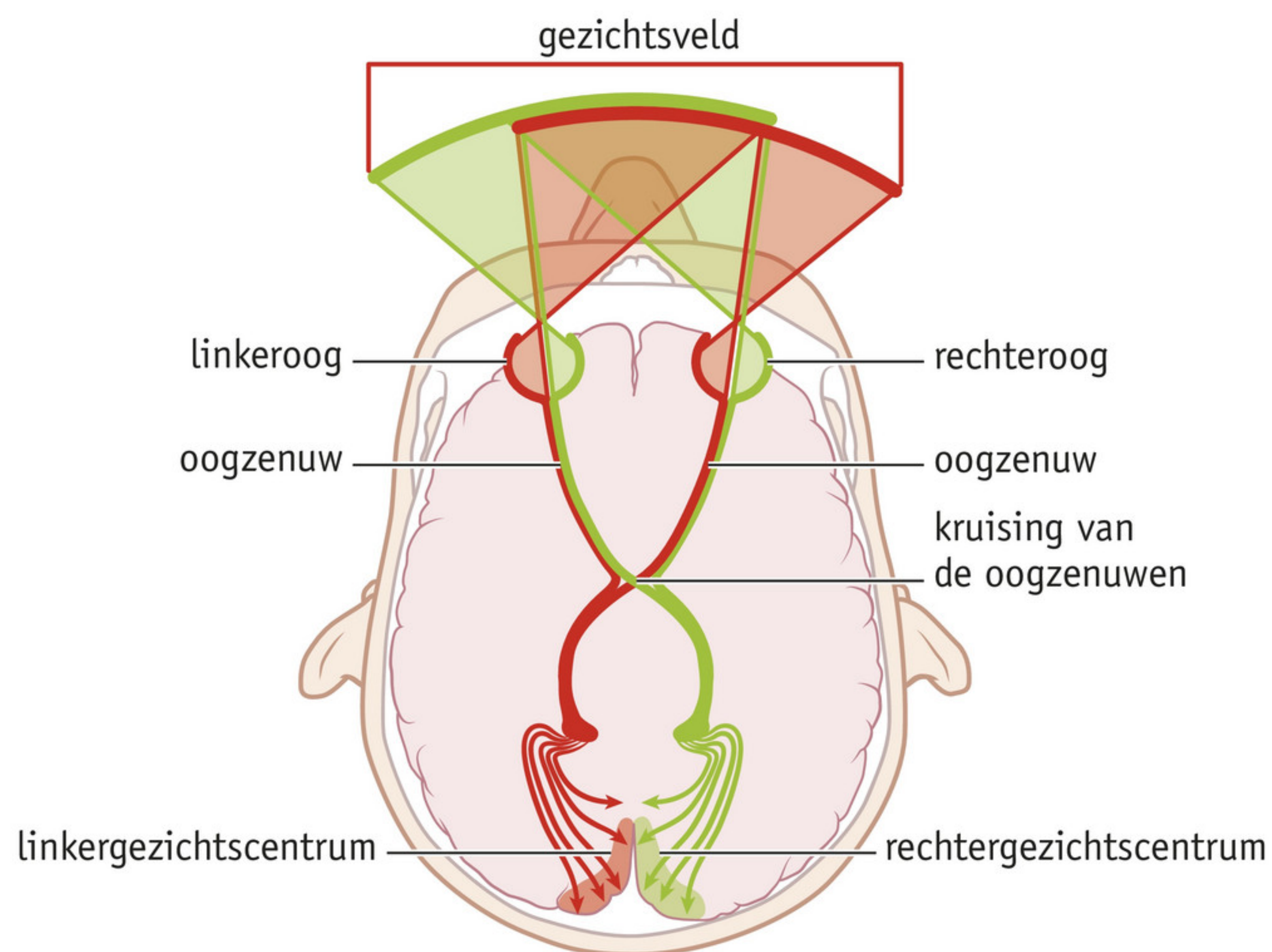
- 20 Veel nachtdieren hebben alleen staafjes in het netvlies.
- Welk voordeel heeft dit voor deze dieren?
 - Het ontbreken van kegeltjes in het netvlies heeft ook nadelen. Noteer twee nadelen.
 - Als je 's nachts naar een zwakke ster wilt kijken, kun je deze het best zien door ernaast te kijken. Als je recht naar zo'n zwakke ster kijkt, zie je hem niet meer.
Leg uit hoe dit komt.

STEREOSCOPIE

Als je naar een voorwerp kijkt, valt het beeld hiervan op het netvlies van het linkeroog en het rechteroog. Met je linkeroog bekijk je het voorwerp uit een iets andere hoek dan met je rechteroog.

Impulsen van het linkergeedeelte van het netvlies van beide ogen gaan via de oogzenuwen naar het linkergezichtscentrum. Impulsen van het rechtergedeelte van beide ogen gaan via de oogzenuwen naar het rechtergezichtscentrum. Net boven de hypothalamus kruisen de uitlopers in beide oogzenuwen elkaar gedeeltelijk (zie afbeelding 23). Deze kruising heet het **optisch chiasma**. De gezichtscentra vergelijken de beelden van beide ogen met elkaar en verwerken het tot één beeld. Het verschil tussen beide beelden levert informatie over de afstand waarop een voorwerp zich bevindt. Het verschil in beelden is groter naarmate het voorwerp dichterbij is. Hierdoor kun je beter diepte zien (**stereoscopie**) en afstanden schatten.

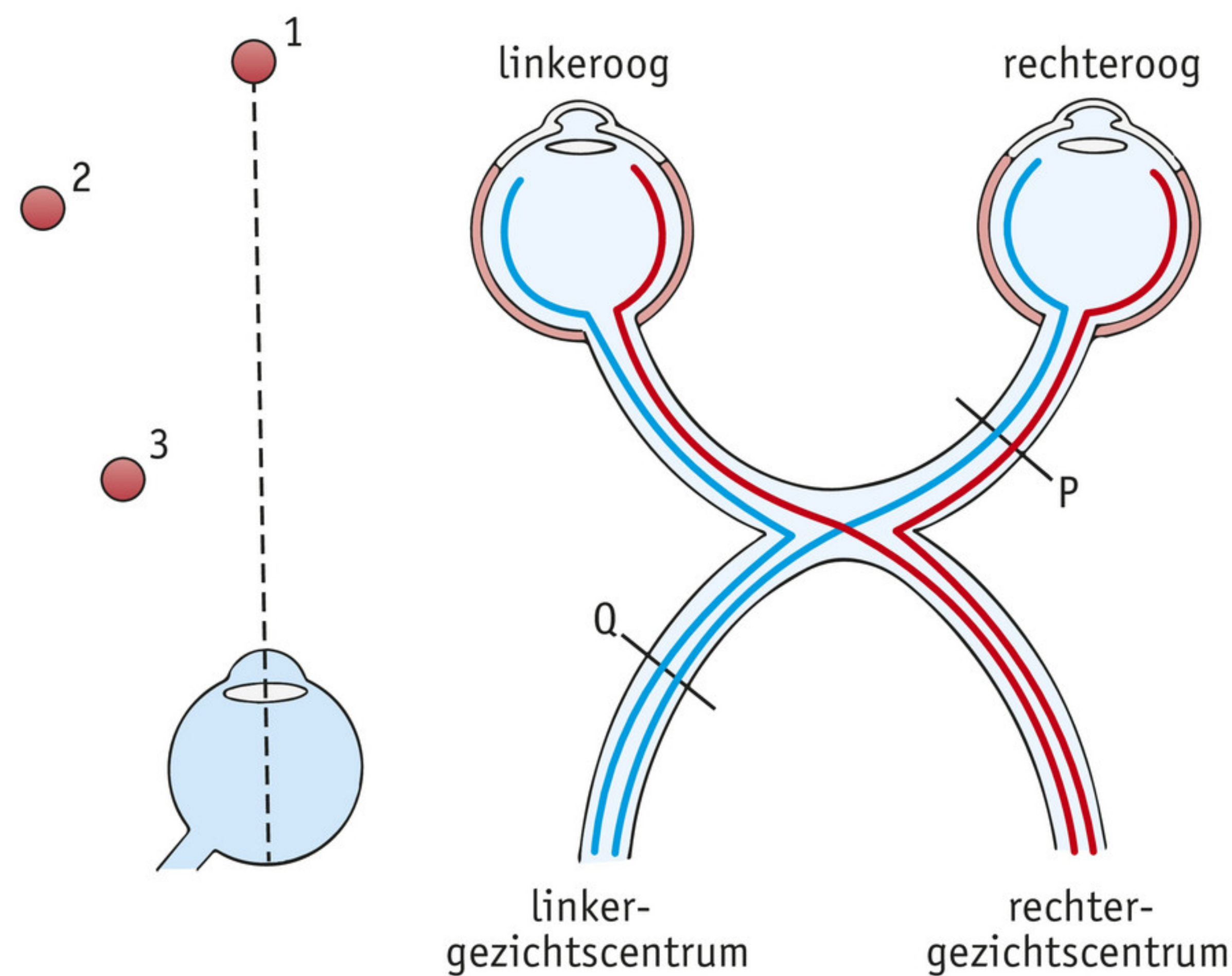
► **Afb. 23** De oogzenuwbanen en de gezichtscentra (schematisch).



opdracht

- 21 Een proefpersoon bevindt zich in een donkere ruimte. In het gezichtsveld van zijn rechteroog bevinden zich drie felrode punten (zie afbeelding 24). Deze lichtprikkels veroorzaken impulsen. De proefpersoon kijkt naar punt 1 en houdt het linkeroog gesloten.
- Ontstaan in het linkerdeel van het netvlies van zijn rechteroog impulsen? En in het rechterdeel van het netvlies van dit oog?
 - De oogzenuw op plaats Q is doorgesneden. Welk deel van het gezichtsveld zal deze persoon niet meer waarnemen?
 - Wat is het gevolg als de oogzenuw op plaats P wordt doorgesneden?

► **Afb. 24** Een proefpersoon in een donkere ruimte (schematisch).



► PRACTICUMOPDRACHT 2

CONTEXT

Leefwereld

Nachtkijkers

▼ **Afb. 25** Oogreflectie in het donker.



Reddingswerkers gebruiken nachtkijkers om in het donker beter te kunnen zien. Nachtdieren hebben hiervoor geen hulpmiddelen nodig. Zij hebben aangepaste ogen waarmee ze 's nachts veel beter kunnen zien dan mensen. Ogen van nachtdieren, zoals katten, reflecteren licht in het donker wanneer licht van een kop- of zaklamp in hun ogen terechtkomt. Door de reflecterende laag komt het schaarse nachtlucht twee keer langs de lichtreceptoren. Katten- en hondenogen reflecteren opvallend groen in het donker. Ook roofdieren zoals uilen en alligators hebben reflecterende ogen in het donker. Uilen hebben daarnaast een groot hoornvlies, grote pupillen en een groot netvlies. De grote ogen kunnen niet draaien in de kleine schedel. Net als bij andere nachtdieren bevat het vergrote netvlies van de uil vooral staafjes. Zij zien daardoor 's nachts eerder bewegingen en diepte maar minder scherp en minder kleuren dan mensen.

opdracht

- 22 a Vergelijk de reflecterende laag van een kat met het netvlies bij de mens. Waar ligt de reflecterende laag?
- b Overdag hebben katten vaak erg kleine pupillen. Wat is daarvan de functie?
- c Wat is de functie van nachtzicht voor planteneters zoals reeën?
- d Verklaar hoe in de natuur deze vormen van nachtzicht kunnen zijn ontstaan.
- e Zijn 'reflecterende lagen' bij wolven en bij runderen analoog of homolog?
- f Reddingswerkers gebruiken een door de mens ontwikkelde nachtkijker. Op welke manier komt het verbeterde nachtzicht tot stand bij nachtkijkers? Zoek dit uit voor verschillende nachtkijkers. Gebruik hierbij bronnen op internet.

Leerdoelen

- Je kunt toelichten wat gedrag is en hoe gedrag is ingedeeld.
- Je kunt omschrijven wat ethologie inhoudt, hoe je gedrag kunt bestuderen en de invloed van gedragsonderzoek op de maatschappij toelichten.

3 Gedrag beschrijven

Krijg jij weleens opmerkingen over je gedrag? Je bent in de puberteit, de tijd om grenzen te verleggen en nieuwe dingen te ontdekken. Dit pubergedrag is niet voor iedereen even gemakkelijk. Maar wist je dat het biologisch gezien heel normaal gedrag is en dat muizen ook pubergedrag vertonen?

ETHOLOGIE

De tak van de biologie waarbij de studie van het gedrag van dieren centraal staat, is de **ethologie**. Ethologen zijn specialisten in het gedrag van dieren. Onder **gedrag** verstaan biologen alle waarneembare activiteiten van een dier of mens. Deze activiteiten bestaan niet alleen uit bewegingen. Andere voorbeelden van gedrag zijn: geluiden maken, slapen, van kleur veranderen, geurstoffen afscheiden en een lichaamshouding handhaven.

Hersenonderzoekers en biologen zoeken naar verklaringen voor het gedrag van mensen en dieren. Gedrag is vaak gericht op het handhaven of verbeteren van de fysiologische toestand of de omgevingssituatie van het dier of de mens. Bijvoorbeeld door te drinken wanneer ze dorst hebben of een nest te bouwen om in te leven. Daarvoor wisselen dieren voortdurend stoffen, energie en informatie uit met hun omgeving. De overlevingskansen en fitness van een dier worden vergroot wanneer het gedrag goed is aangepast aan de omstandigheden. Dit noem je **adequaat gedrag**.

VAN PRIKKEL TOT HANDELING

Gedrag is opgebouwd uit opeenvolgende **handelingen**, ook wel **gedrags-elementen** genoemd. Voedingsgedrag bestaat bijvoorbeeld uit voedsel zoeken en voedsel toe-eigenen voordat het wordt gegeten. Veel handelingen komen tot stand door de werking van spieren. Ook de werking van klieren kan gedrag zijn. Spieren en klieren zijn effectoren.

Bij de meeste handelingen reageert een dier of mens op prikkels. In zintuigcellen (receptoren) ontstaan onder invloed van deze prikkels impulsen. Zenuwcellen (conductoren) geleiden impulsen die door het centrale zenuwstelsel worden verwerkt. De reactie van een dier of mens op prikkels noem je de **respons**.

opdrachten

- 23 a** Zijn de volgende zinnen voorbeelden van gedrag?
- 1 Een jongen bloost als hij een meisje aankijkt.
 - 2 Een blad valt van een boom.
 - 3 Doornroosje ligt te slapen.
- b** Je maakt huiswerk.
Noteer drie opeenvolgende handelingen bij dit gedrag.
- 24** Een Siberische tijger in een dierentuin heeft een man in zijn linkerarm gebeten. De man sluipt wel vaker de dierentuin binnen en treitert de dieren. Maandagavond trok hij de tijger aan zijn staart. Die nam dat niet en hapte de man in zijn arm.
- a Wat was de prikkel waardoor de tijger beet?
 - b Wat was de respons van de tijger?
 - c Kun je het gedrag van de tijger agressief noemen? Leg je antwoord uit.

GEDRAGSSYSTEMEN

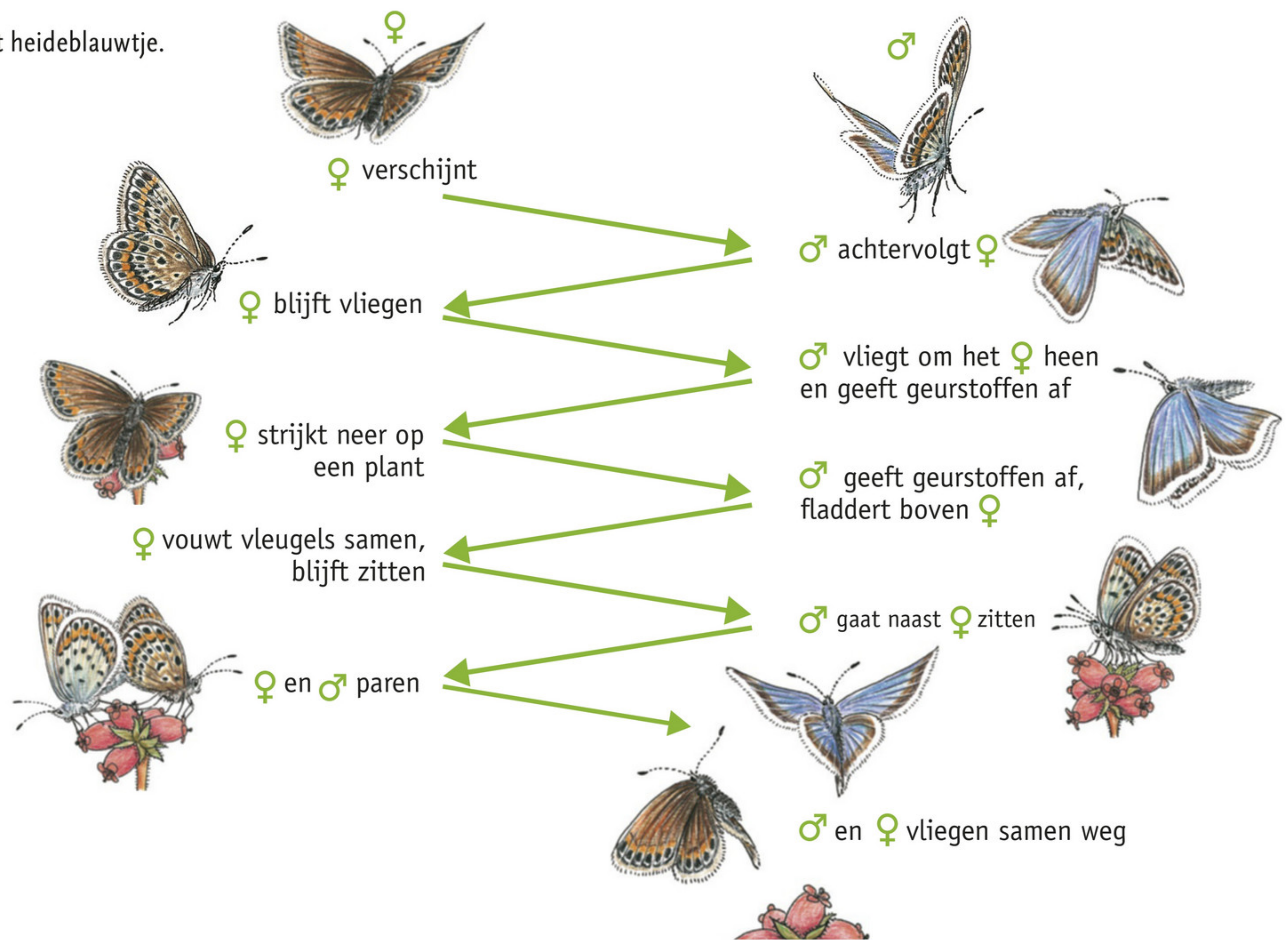
Gedrag is opgebouwd uit handelingen. Handelingen met een gemeenschappelijk doel vormen samen een **gedragssysteem**. Voedingsgedrag en voortplantingsgedrag zijn voorbeelden van gedragssystemen die bij dieren en mensen voorkomen. Gedragssystemen die alleen bij mensen voorkomen, zijn bijvoorbeeld kookgedrag en onderzoekgedrag.

De handelingen in een gedragssysteem kunnen elkaar in een vaste volgorde opvolgen. Als het effect van de ene handeling leidt tot een volgende handeling, spreek je van een **gedragsketen**.

Balts is een gedragsketen die is bedoeld om partners aan te trekken en over te halen tot de paring. Het is een onderdeel van **voortplantingsgedrag**. Insecten zoals vlinders voeren een balts uit. In afbeelding 26 zie je de balts van het heideblauwtje. De keten van handelingen van een mannetje en een vrouwtje leidt uiteindelijk tot bevruchting van de eieren.

De zorg van (een van) de ouders voor hun nakomelingen noem je **broedzorg**. Dit komt onder andere voor bij zoogdieren en vogels en behoort ook tot het voortplantingsgedrag.

► **Afb. 26** De balts van het heideblauwtje.



ETHOGRAM EN PROTOCOL

Nauwkeurig waarnemen is een voorwaarde voor het begrijpen en beïnvloeden van gedrag. Bij de bestudering van gedrag maakt een etholoog een nauwkeurige beschrijving van elke handeling. Zo'n beschrijving moet objectief zijn.

Alleen waargenomen feiten mogen erin worden vermeld en geen meningen, waardeoordelen of interpretaties van de waarnemer. Een voorbeeld: een hond die met de staart kwispelt, kun je als volgt beschrijven: 'De hond beweegt de staart heen en weer.' Je kunt ook zeggen: 'De hond is blij.' De eerste beschrijving geeft een feit weer dat je hebt waargenomen. De tweede beschrijving is een interpretatie en geeft weer wat jij denkt over de reden van het waargenomen gedrag.

Een objectieve beschrijving van de verschillende handelingen die bij een diersoort kunnen voorkomen, heet een **ethogram**. Met behulp van een ethogram kun je het gedrag van een dier bestuderen. Je houdt dan bij hoe vaak en hoelang een dier elke handeling uitvoert. Deze gegevens geef je weer in een (handelings)protocol. Een **protocol** is een lijst van de achtereenvolgens waargenomen handelingen van het dier. Daarbij is het handig om afkortingen te gebruiken. In afbeelding 27 zie je een (beschrijvend) onderzoek naar het gedrag van een woestijnspringmuis (zie afbeelding 28) en een bijbehorend ethogram en een protocol.

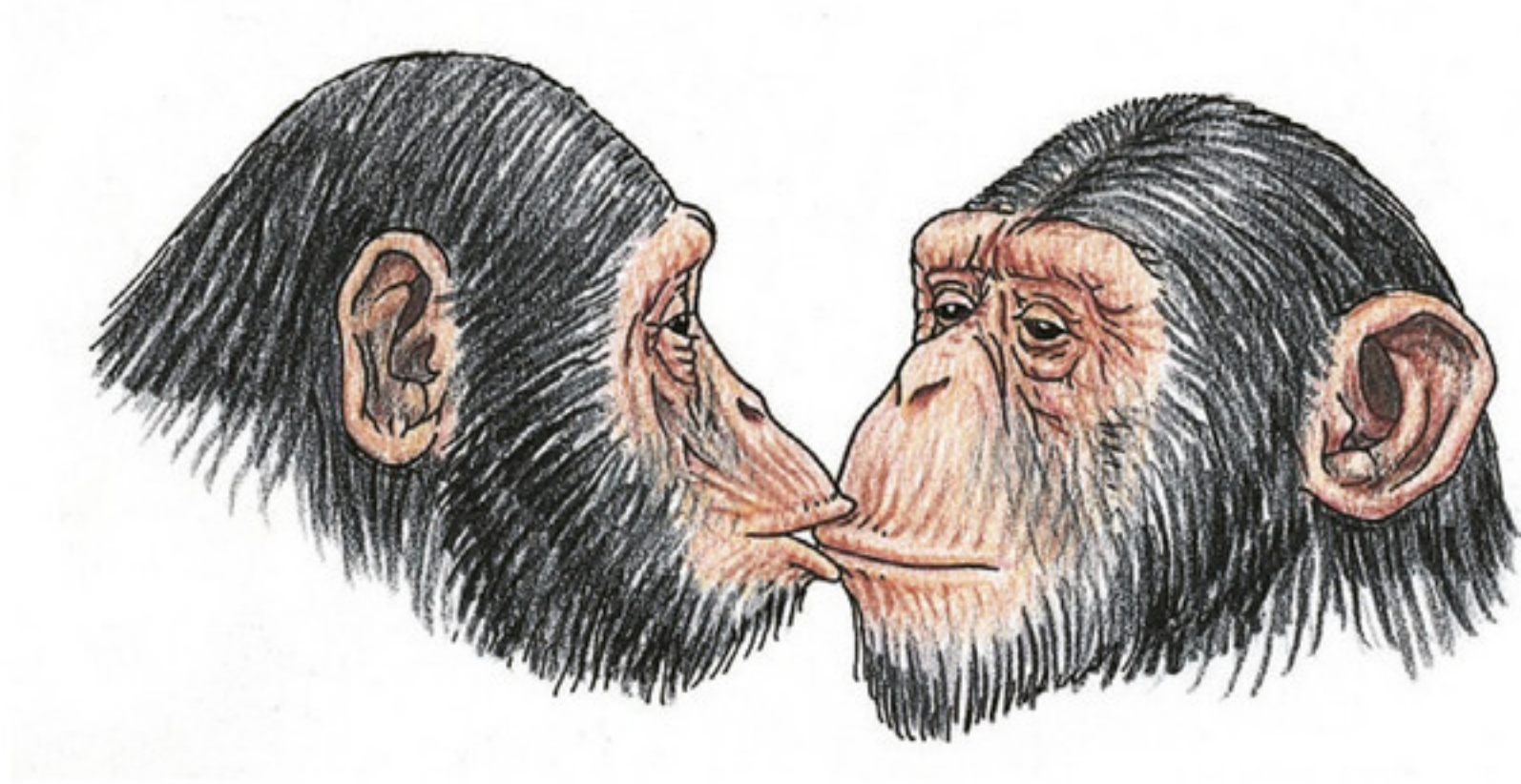
▼ Afb. 27

ONDERZOEK		HET GEDRAG VAN EEN WOESTIJNSPRINGMUIS																																																				
Inleiding	Een woestijnspringmuis vertoont handelingen die tot verschillende gedragssystemen kunnen behoren.																																																					
Onderzoeksvraag																																																						
Experiment	Een woestijnspringmuis wordt vijf minuten geobserveerd. Elke minuut wordt gedurende een halve minuut elke vijf seconden de uitgevoerde handeling door de muis genoteerd. De observaties worden weergegeven in een gedragsprotocol. De mogelijke handelingen van de muis worden eerst weergegeven in een ethogram.																																																					
Resultaat	<table><tr><td></td><td><u>Handeling</u></td><td><u>Afk.</u></td><td><u>beschrijving</u></td></tr><tr><td></td><td>bijten</td><td>bij.</td><td>knagen aan materiaal anders dan voer</td></tr><tr><td></td><td>drinken</td><td>dr.</td><td>water oplikken uit flesje of bak</td></tr><tr><td></td><td>eten</td><td>et.</td><td>pakken van voer in de bek waarop een kauwende beweging volgt</td></tr><tr><td></td><td>graven</td><td>gr.</td><td>met de voorpoten in de grond heen en weer bewegen.</td></tr><tr><td></td><td>hoogspieden</td><td>hs.</td><td>recht omhoog staan op de achterpoten</td></tr></table>						<u>Handeling</u>	<u>Afk.</u>	<u>beschrijving</u>		bijten	bij.	knagen aan materiaal anders dan voer		drinken	dr.	water oplikken uit flesje of bak		eten	et.	pakken van voer in de bek waarop een kauwende beweging volgt		graven	gr.	met de voorpoten in de grond heen en weer bewegen.		hoogspieden	hs.	recht omhoog staan op de achterpoten																									
		<u>Handeling</u>	<u>Afk.</u>	<u>beschrijving</u>																																																		
	bijten	bij.	knagen aan materiaal anders dan voer																																																			
	drinken	dr.	water oplikken uit flesje of bak																																																			
	eten	et.	pakken van voer in de bek waarop een kauwende beweging volgt																																																			
	graven	gr.	met de voorpoten in de grond heen en weer bewegen.																																																			
	hoogspieden	hs.	recht omhoog staan op de achterpoten																																																			
	1 deel van het ethogram																																																					
	<table><tr><td></td><td></td><td><u>1e minuut</u></td><td><u>2e minuut</u></td><td><u>3e minuut</u></td><td><u>4e minuut</u></td><td><u>5e minuut</u></td></tr><tr><td></td><td>0-5 s</td><td>sz.</td><td>gr.</td><td>et.</td><td>bij.</td><td>po.</td></tr><tr><td></td><td>6-10 s</td><td>sz.</td><td>gr.</td><td>et. dr.</td><td>bij.</td><td>po. ls.</td></tr><tr><td></td><td>11-15 s</td><td>sz.</td><td>gr. ls.</td><td>dr. et.</td><td>bij. ls.</td><td>ls. po.</td></tr><tr><td></td><td>16-20 s</td><td>sz.</td><td>gr. ls.</td><td>et.</td><td>sz.</td><td>sz.</td></tr><tr><td></td><td>21-25 s</td><td>sz. re.</td><td>gr.</td><td>et.</td><td>sz.</td><td>sz.</td></tr><tr><td></td><td>26-30 s</td><td>sz. dr.</td><td>gr.</td><td>ls. hs.</td><td>sz.</td><td>sz. sl.</td></tr></table>							<u>1e minuut</u>	<u>2e minuut</u>	<u>3e minuut</u>	<u>4e minuut</u>	<u>5e minuut</u>		0-5 s	sz.	gr.	et.	bij.	po.		6-10 s	sz.	gr.	et. dr.	bij.	po. ls.		11-15 s	sz.	gr. ls.	dr. et.	bij. ls.	ls. po.		16-20 s	sz.	gr. ls.	et.	sz.	sz.		21-25 s	sz. re.	gr.	et.	sz.	sz.		26-30 s	sz. dr.	gr.	ls. hs.	sz.	sz. sl.
		<u>1e minuut</u>	<u>2e minuut</u>	<u>3e minuut</u>	<u>4e minuut</u>	<u>5e minuut</u>																																																
	0-5 s	sz.	gr.	et.	bij.	po.																																																
	6-10 s	sz.	gr.	et. dr.	bij.	po. ls.																																																
	11-15 s	sz.	gr. ls.	dr. et.	bij. ls.	ls. po.																																																
	16-20 s	sz.	gr. ls.	et.	sz.	sz.																																																
	21-25 s	sz. re.	gr.	et.	sz.	sz.																																																
	26-30 s	sz. dr.	gr.	ls. hs.	sz.	sz. sl.																																																
	2 deel van het protocol																																																					
Conclusie																																																						

▼ **Afb. 28** Een woestijnspringmuis.



▼ **Afb. 29** Een handeling van apen.



Met behulp van een protocol kun je onder andere de volgende vragen beantwoorden:

- Hoe vaak komt elke handeling voor?
- Hoelang duurt elke handeling?
- Is er een vaste volgorde tussen bepaalde handelingen?

Bij een beschrijvend gedragsonderzoek wordt de conclusie geformuleerd als het antwoord op de onderzoeksvraag. Ethologisch onderzoek kan ook hypothesetoetsend zijn, bijvoorbeeld wanneer je de invloed van een bepaalde prikkel op het gedrag onderzoekt.

opdrachten

- 25 a** Wat is een ethogram?
b Wat is een protocol?
c In afbeelding 29 zie je een handeling van apen. Een leerling zegt hierover: 'De apen kussen elkaar, omdat ze elkaar graag mogen.' Wat is een ethologisch correcte beschrijving van dit gedrag?
- 26** In afbeelding 27 zie je een beschrijvend onderzoek naar het gedrag van een woestijnspringmuis.
a In het ethogram en protocol staan afkortingen. Wat is het voordeel van het gebruik van afkortingen voor de handelingen?
b Welke onderzoeksvragen zou je kunnen stellen bij dit onderzoek?
c Kun je op basis van de resultaten een betrouwbare conclusie trekken? Leg je antwoord uit.
- 27 a** Vormt de balts bij stekelbaarsjes een gedragsketen? Leg je antwoord uit.
b Vormen de opeenvolgende handelingen bij huiswerk maken een gedragssysteem? Leg je antwoord uit.
c Wanneer jij huiswerk maakt, vormen de opeenvolgende handelingen bij jou dan een gedragsketen? Leg je antwoord uit.
- 28** In afbeelding 26 is de balts van het heideblauwtje afgebeeld.
a Stel de gedragsketen op van de balts van het vrouwtje van het heideblauwtje.
b Welke invloed heeft de afgifte van geurstoffen door het mannetje op het gedrag van het vrouwtje?
c Wat is de respons van het vrouwtje?

► PRACTICUMOPDRACHT 3

CONTEXT

Beroep

Project Kruispunt

▼ **Afb. 30** Stemmen bij TeamAlert.



Bron: TeamAlert.

Het risico op een ongeval is voor jongeren van 12 tot 18 jaar ongeveer 3× zo groot als voor de gemiddelde verkeersdeelnemer. Met het project Kruispunt wil TeamAlert leerlingen bewuster maken van de risico's die zij lopen in het verkeer. TeamAlert is expert in jongerencommunicatie en gedragsverandering. Het team bestaat uit een groep van young professionals die met volle overgave jongeren uitdagen het meeste uit hun leven te halen: een veilig, gelukkig en gezond leven! Uit onderzoek blijkt dat afleiding voorafgaat aan 80% van de fietsongevallen. In het project Kruispunt wordt op school een kruispunt nagebouwd en gaan leerlingen in vier groepen met elkaar de discussie aan. Tijdens het project geven de leerlingen hun mening over stellingen rondom verkeersgedrag. Bijvoorbeeld: 'Meisjes zijn veiliger in het verkeer dan jongens.' Vervolgens volgt een debatronde. Na elke ronde is er een spel waarmee punten te verdienen zijn. De beste debater wint een prijs.

Uit onderzoek van TeamAlert blijkt dat leerlingen hierna meer kennis hebben over verkeersveiligheid en minder de intentie hebben om te sms'en, te appen of muziek te luisteren op de fiets.

Op de website van TeamAlert kun je zien op welke scholen projecten plaatsvinden.

Bron: www.teamalert.nl.

opdracht

- 29 a** Noteer drie handelingen uit het gedragssysteem: verkeersgedrag op de fiets.
- b** Is het beoogde verkeersgedrag een vorm van adequaat gedrag? Licht je antwoord toe.
- c** Welke prikkels gebruikt TeamAlert in het project Kruispunt om gedragsverandering te bewerkstelligen?
- d** Wanneer je in de puberteit zit, heb je vaak hechte vriendschappen. Welke invloed kunnen deze hebben op de veiligheid in het verkeer?
- e** TeamAlert heeft meerdere projecten lopen. Ga naar de website van TeamAlert en kies één project.
- Wat zijn het doel, de werkwijze en de doelgroep van dit project?

Leerdoelen

- Je kunt toelichten dat gedrag deels erfelijk is bepaald.
- Je kunt de dynamische relatie beschrijven tussen een organisme en zijn omgeving.

4

Vorming van gedrag

Zoogdieren vinden al snel na de geboorte de weg naar de tepel van hun moeder. Dat is wonderlijk! Niemand heeft ze immers verteld hoe dat werkt.

INFORMATIE STUURT HET GEDRAG

Gedrag heeft verschillende vormen en functies. Daarbij spelen **erfelijke eigenschappen** (aangeboren) en **aangeleerde eigenschappen** (ervaring) een rol. Welke handeling een dier of mens op een bepaald moment uitvoert, hangt af van de interactie met zijn omgeving.

Interne prikkels geven bijvoorbeeld een jong zoogdier informatie over zijn voedingstoestand. Externe prikkels zorgen voor informatie over de aanwezigheid van een tepel met melk. De hersenen combineren die actuele informatie over het interne en externe milieu met erfelijke en aangeleerde gedragsinformatie. Als respons kan het dier erfelijk of aangeleerd gedrag uitvoeren of vertoont het dier nieuw gedrag. Bij het jonge zoogdier zal de informatie leiden tot zuiggedrag. Zuigen en slikken zijn handelingen die de zuigeling als erfelijke informatie van zijn (voor)ouders heeft meegekregen. Alleen door dit gedrag op de juiste wijze uit te voeren, zal dit zoogdier zich voeden, overleven en volwassen worden.

Gedrag wordt niet alleen bepaald door prikkels en erfelijke informatie. Ook de fysiologie, de anatomie (bouw) en de ontwikkelingsfase van het dier beïnvloeden het gedrag. Een ziek dier vertoont ander gedrag dan een gezond dier. En een rups kent geen zuiggedrag; een rups zal het blad eten van de plant waar zijn moeder de eitjes heeft afgezet. Tijdens de levensloop van een dier verandert het gedrag door ontwikkeling en leerprocessen. Zo ontwikkelen volwassen dieren hun eigen voedselvoorkeur.

Door een of meer handelingen van een dier verandert de omgeving en de fysiologische toestand van het dier, waarna een nieuwe handeling kan ontstaan. Dit is een vorm van terugkoppeling. De opeenvolgende handelingen vormen het gedrag. Gedrag bestaat zo uit een mix van erfelijke, aangeleerde en eventueel nieuwe handelingen (zie afbeelding 31) en zal zo goed mogelijk zijn aangepast aan de milieuomstandigheden. Dit adequate gedrag vergroot de overlevingskansen en fitness van het dier. Adequaat gedrag kan via DNA of door leerprocessen aan de nakomelingen worden doorgegeven. Door natuurlijke selectie kan de frequentie van adequaat gedrag in de populatie toenemen.

► **Afb. 31** Schema van factoren die bij de vorming van gedrag een rol spelen.

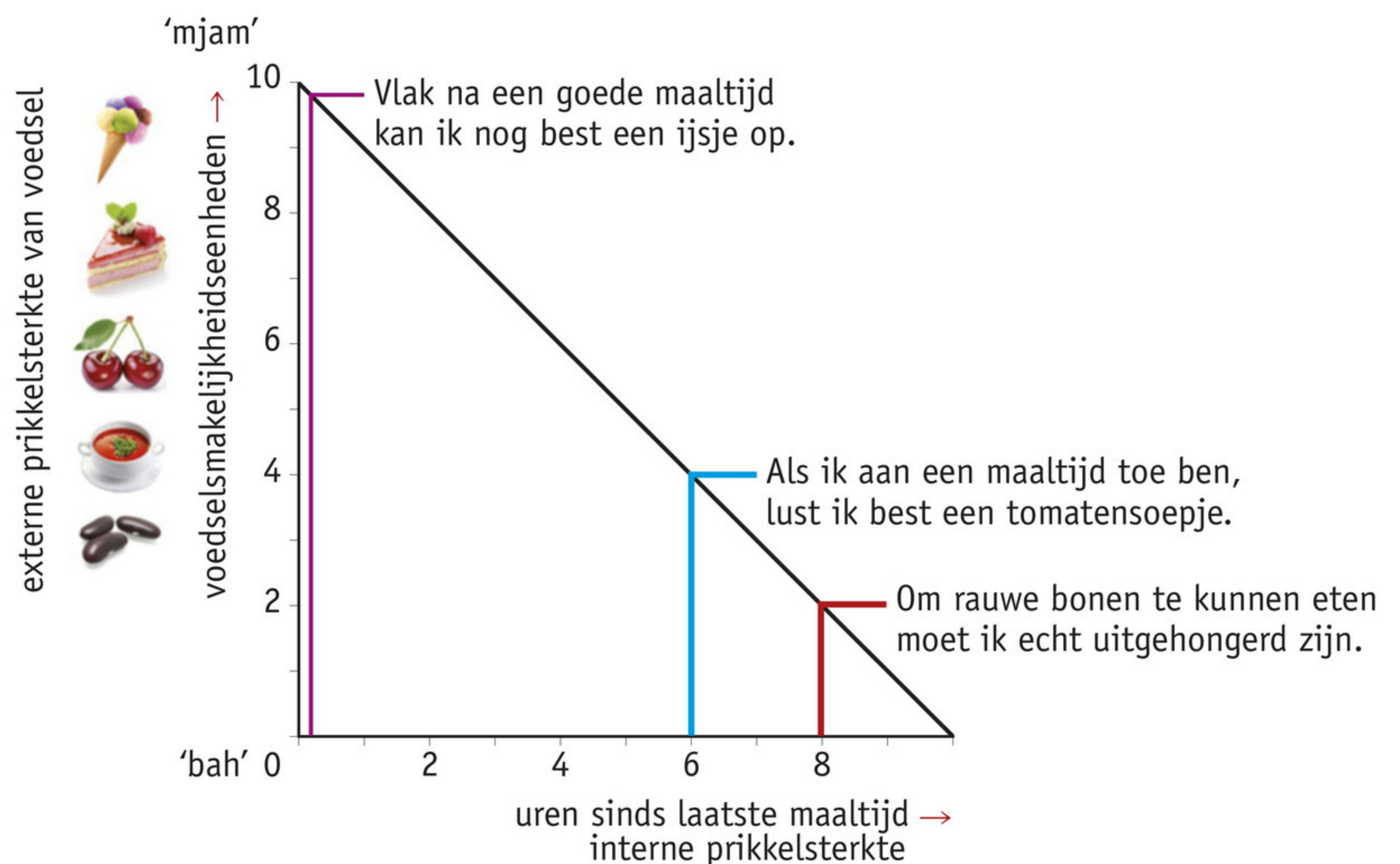


PRIKKELS EN MOTIVATIE

Dieren reageren op interne en externe prikkels. Het interne milieu van een dier streeft naar homeostase en dus naar normwaarden voor bijvoorbeeld de voedingstoestand, de vochttoestand en de temperatuur. De interne en externe prikkels bepalen grotendeels de motivatie en de kans dat een bepaald gedrag ontstaat.

Motivatie (drang) is de bereidheid om een bepaald gedragssysteem uit te voeren. Voorbeelden van motivatie zijn voedingsdrang (honger en dorst), vluchtdrang (behoefte aan veiligheid) en voortplantingsdrang (paringsdrang, verzorgingsdrang). Motivaties voor verschillende gedragssystemen beïnvloeden elkaar. De motivatie om bepaald gedrag uit te voeren, wordt bepaald door de sterkte van interne en externe prikkels. Een zwakke interne prikkel in combinatie met een sterke externe prikkel kan toch voldoende motivatie teweegbrengen om een gedragssysteem in gang te zetten (zie afbeelding 32).

► **Afb. 32** Prikkelsterkte en voedingsgedrag.



VOEDINGSGEDRAG

Honger ontstaat doordat hormonen en zenuwen veranderingen over de voedingstoestand van het lichaam (interne prikkel) doorgeven aan de hersenen. Centra voor honger en dorst in de hersenstam verwerken deze gegevens. Het zien van lekker voedsel (externe prikkel) versterkt de motivatie voor voedingsgedrag (eetlust of voedingsdrang). Voordat je kunt gaan eten, moet je meestal een aantal voorbereidende handelingen verrichten. Het eten van het voedsel stimuleert in het begin je eetlust, later remt het je eetlust. Als je voldoende hebt gegeten, verdwijnen de honger en de motivatie doordat zintuigen de verandering in je lichaam waarnemen. Je bent verzadigd en bovendien is de externe prikkel verdwenen.

Effectieve handelingen verminderen de prikkels en verzwakken uiteindelijk de motivatie. Een sterkere externe prikkel kan de motivatie voor voedingsgedrag weer doen toenemen.

PERIODIEKE INVLOEDEN

Regelmatig terugkerende schommelingen in het interne of externe milieu noem je **periodieke invloeden**. Het zenuwstelsel en het hormoonstelsel regelen de communicatie tussen de organen en de hersenen en kunnen de motivatie beïnvloeden. Concentratieveranderingen van neurotransmitters in de hersenen veroorzaken een erfelijk slaap-waakritme.

Voortplantingsdrang komt voor een deel tot stand door de afgifte van hormonen. Een verandering van de concentratie van geslachtshormonen is een interne **voortplantingsprikkel**. Voor voortplantingsdrang zijn daarnaast externe prikkels noodzakelijk, zoals de aanwezigheid van een nestplaats en een geschikte partner. De concentratie van de voortplantingshormonen verandert tijdens de levenscyclus. Dit leidt tot gedragsverandering in de puberteit en adolescentie. Het slaap-waakritme en veranderingen tijdens de levenscyclus volgen een erfelijk bepaalde **biologische klok**.

De hormoonspiegel kan ook veranderen onder invloed van maandelijkse of jaarlijkse cycli, bijvoorbeeld veranderingen in de daglengte of de temperatuur. Bij veel diersoorten heeft de daglengte invloed op de voortplantingsactiviteit. Bij vogels gaat de hypofyse onder invloed van de toenemende hoeveelheid licht in het voorjaar hormonen afgeven. Onder invloed van deze hypofysehormonen komen de geslachtsorganen tot ontwikkeling en produceren ze geslachtshormonen. De geslachtscellen rijpen en de secundaire geslachtskenmerken komen tot ontwikkeling. Onder invloed van de geslachtshormonen kan de motivatie voor voortplantingsgedrag toenemen. Mannetjes en vrouwtjes die geslachtsrijp zijn, vertonen baltsgedrag. In het najaar neemt de afgifte van hypofysehormonen weer af en krimpen de geslachtsorganen.

Ook bij verschillende soorten vissen, reptielen en zoogdieren speelt licht een rol bij de ontwikkeling van geslachtscellen en bij de totstandkoming van voortplantingsgedrag. Bij amfibieën worden deze processen mede beïnvloed door de temperatuur. Als in het voorjaar de temperatuur stijgt, vertonen amfibieën voortplantingsgedrag.

opdrachten

- 30 a Op welke manier is erfelijke informatie over gedrag 'opgeslagen' in je lichaam?
 b Op welke wijze is informatie over aangeleerd gedrag opgeslagen in je lichaam?
 c Wat is de motivatie voor de heideblauwtjes (zie afbeelding 26) om baltsgedrag te vertonen?
- 31 Een bosuil duikt op een muis af (zie afbeelding 33).
 a Wat is de motivatie van de uil om te duiken?
 b Wat is de externe prikkel?
- 32 In afbeelding 32 zie je de invloed van de prikkelsterkte op het voedingsgedrag. Je hebt een behoorlijke hoeveelheid kersen gegeten en bent verzadigd. Een sterkere prikkel kan het voedingsgedrag weer doen toenemen.
 a Welke sterkere prikkel wordt hier bedoeld?
 b Een gezegde is: 'Honger maakt rauwe bonen zoet'.
 Leg met behulp van dit gezegde uit dat interne prikkels en externe prikkels beide van invloed zijn op motivatie en gedrag.
 c Het Voedingscentrum adviseert om niet met een lege maag boodschappen te gaan doen.
 Verklaar dit advies.
 d De motivatie voor voedingsgedrag wordt geremd door het resultaat van voedingsgedrag.
 Is dit een voorbeeld van negatieve terugkoppeling? Licht je antwoord toe.
- 33 Adequaat voedingsgedrag voor een topsporter is heel anders dan voor iemand die een zittend beroep heeft.
 Leg dit uit.

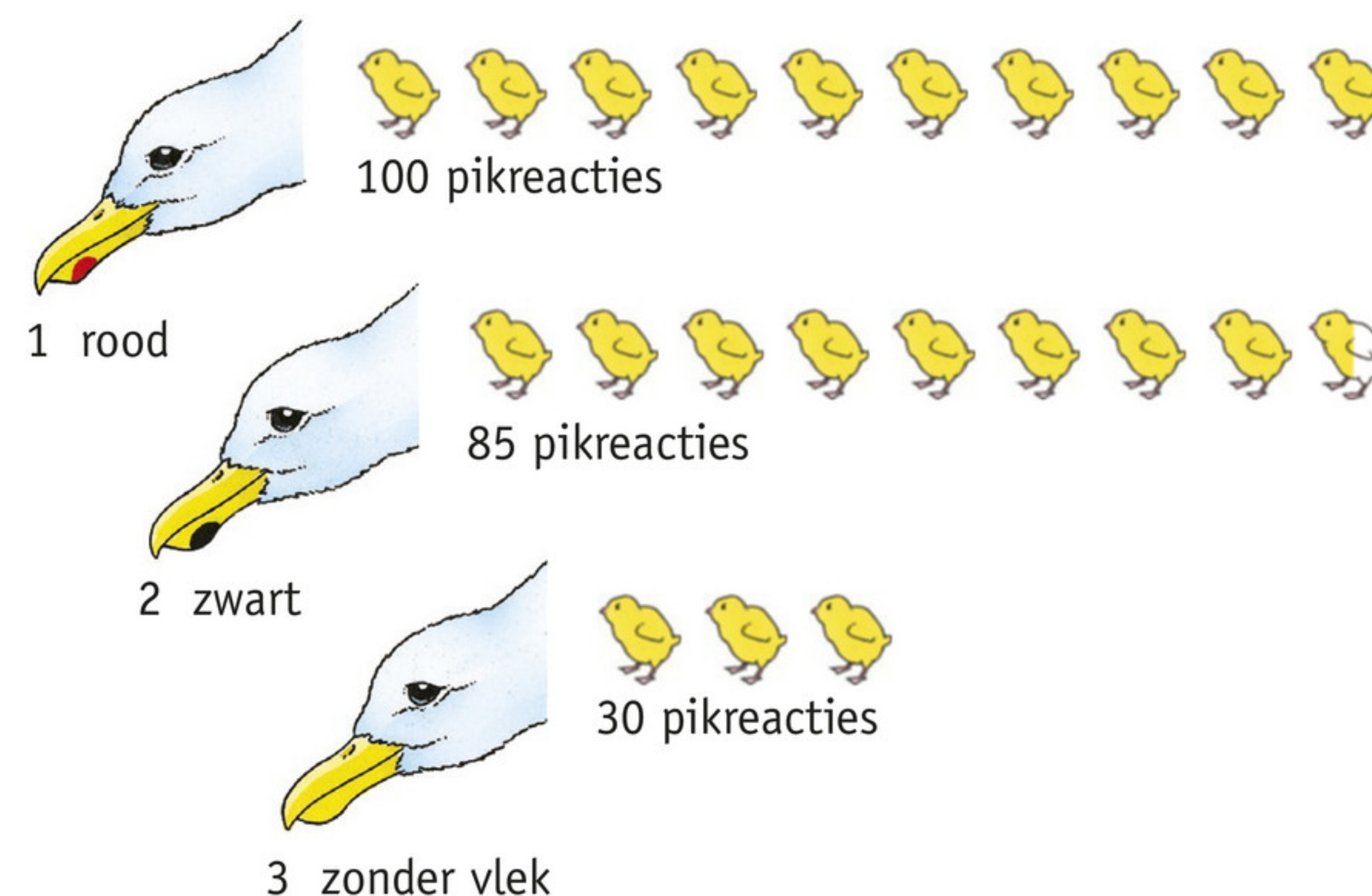
▼ Afb. 33 Een bosuil.



SLEUTELPRIKKELS EN SUPRANORMALE PRIKKELS

De etholoog Niko Tinbergen deed onderzoek naar de invloed van bepaalde prikkels op het gedrag van meeuwenjongen. Het viel hem op dat een meeuw voedsel opbraakt voor een jong, wanneer het jong naar de rode vlek op de snavel van de ouder pikt. Uit onderzoek blijkt dat hongerige meeuwenjongen ook naar de rode snavelvlek op een model van de kop van een meeuw pikken (zie afbeelding 34). Naar een model met een zwarte snavelvlek pikken ze minder vaak en naar een model zonder snavelvlek pikken ze vrijwel niet. Blijkbaar veroorzaakt de rode vlek een sterkere motivatie voor het pikgedrag dan de kop van de meeuw. Een prikkel die een doorslaggevende rol speelt bij het vormen van bepaald gedrag, noem je een **sleutelprikkel**. De rode snavelvlek is een sleutelprikkel voor het pikgedrag van meeuwenjongen. Door sleutelprikkels komt erfelijk gedrag tot uiting.

► **Afb. 34** Een rode snavelvlek is de sleutelprikkel voor het pikgedrag van meeuwenjongen.



Aan meeuwenjongen werd ook een volledig rode snavel aangeboden. Hier pikten de meeuwenjongen nog vaker naar dan naar een gele snavel met een rode vlek (zie afbeelding 35). Ook uit andere experimenten blijkt dat bepaalde prikkels een sterkere motivatie en grotere kans op respons opwekken dan de gewone sleutelprikkel. Je noemt een dergelijke prikkel een **supranormale prikkel** (onweerstaanbare prikkel).

► **Afb. 35** Een rode snavel is een supranormale prikkel.

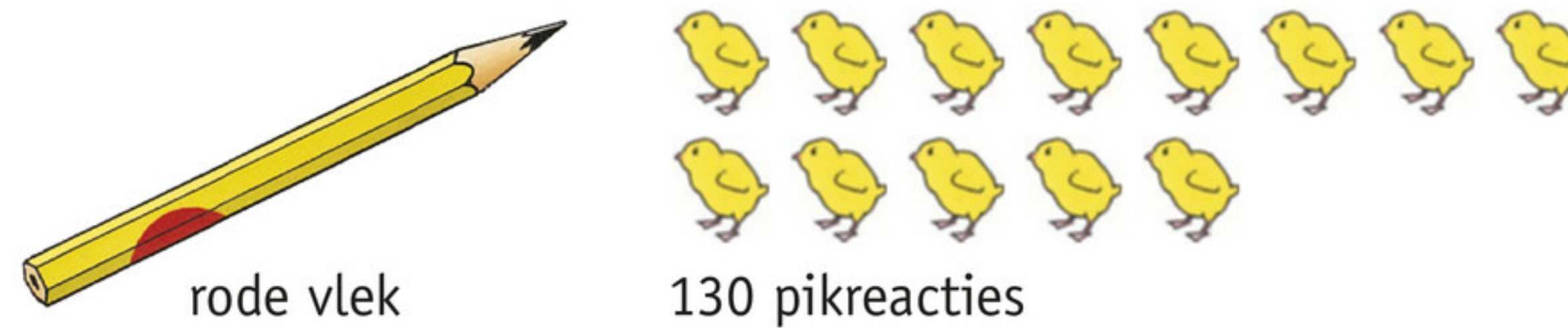


De respons op sleutelprikkels is gebaseerd op erfelijke informatie en is voorspelbaar. Andere dieren of mensen kunnen deze voorspelbaarheid van de erfelijke respons handig gebruiken. Het vrouwtje van de koekoek legt haar eieren in het nest van een andere vogel die ze vervolgens uitbroedt. Voor de andere vogel is het zien van het grotere koekoeksei een supranormale prikkel voor het broedgedrag.

opdrachten

- 34 a** Een potlood met een rode vlek (zie afbeelding 36) blijkt bij meeuwenjongen een sterker pikgedrag op te wekken dan een model met een rode snavelvlek. Het zien van zo'n potlood kun je zowel een sleutelprikkel als een supranormale prikkel noemen. Leg dit uit.

- **Afb. 36** Het zien van zo'n potlood kan zowel een sleutelprikkel als een supranormale prikkel zijn.



- ▼ **Afb. 37** Roodborstje.



1 dreighouding



2 zeer sterke dreighouding

- b** Een mannelijk roodborstje verdedigt in het voorjaar zijn territorium tegen andere roodborstmannetjes. Het mannetje neemt dan onder andere een dreighouding aan (zie afbeelding 37.1). Het mannetje neemt ook een dreighouding aan tegen een opgezet roodborstmannetje dat in het territorium wordt gezet. Tegen een roodborstmannetje zonder rode keelvlak wordt geen dreighouding aangenomen. Tegen een propje felrode watten op een ijzerdraadje wordt een zeer sterke dreighouding aangenomen (zie afbeelding 37.2).

Wat is de sleutelprikkel bij dit territoriumgedrag van het roodborstje? En wat is de supranormale prikkel bij dit territoriumgedrag?

- 35** Het vrouwtje van de koekoek legt haar eieren in het nest van andere soorten vogels, zoals een karekiet. Een karekiet is veel kleiner dan een koekoek. Het koekoeksjong is al snel veel groter dan de karekieten die het koekoeksjong verzorgen. De opengesperde bek van een koekoeksjong is rood. Onderzoekers voerden een experiment uit waarbij ze twee karekietnesten aan elkaar vastmaakten, één met een karekietenjong en één met een koekoeksjong. Er was slechts één karekietenouderpaar dat de zorg voor beide jongen op zich kon nemen. Het paar bleek beide jonge vogeltjes evenveel voedsel aan te bieden.
- a** In het onderzoeksverslag is de bewering te lezen dat de opengesperde bek van een koekoeksjong een supranormale prikkel is voor de karekietouders. Wat was het resultaat van dit onderzoek?
- b** Hoe kun je de bewering in het onderzoeksverslag noemen: een hypothese, een waarneming of een conclusie?
- c** Kunnen de onderzoekers de conclusie trekken dat een opengesperde bek van een koekoeksjong een supranormale prikkel voor de karekietouders is? Leg je antwoord uit.

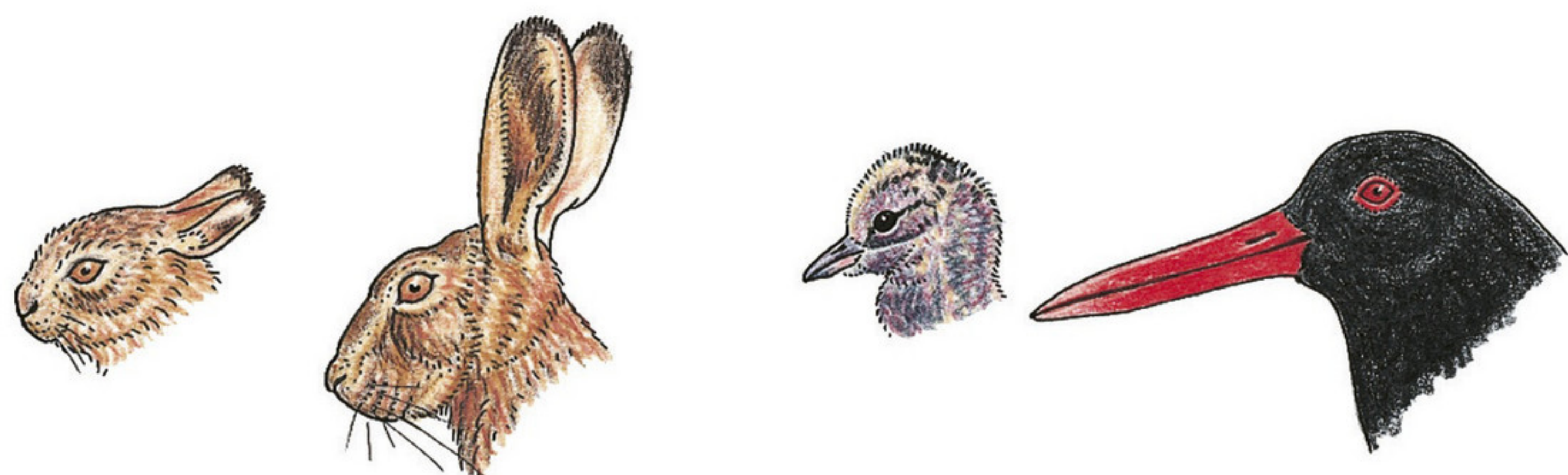
- ▼ **Afb. 38** Vader met babydochter.



SLEUTELPRIKKELS BIJ MENSEN

Ook mensen zijn gevoelig voor sleutelprikkels. Zij vinden bijvoorbeeld bepaalde kenmerken van een baby schattig. Een rond gezicht, bolle wangen, een hoog naar voren gewelfd voorhoofd, grote ogen, een wipneus, een klein zuigmondje, een in verhouding groot hoofd en mollige lichaamsvormen zijn sleutelprikkels (zie afbeelding 38). Ze veroorzaken bij veel mensen een neiging tot verzorgen en vertroetelen. In afbeelding 39 zie je links de kopjes van jonge dieren die mensen schattig vinden en willen vertroetelen en rechts koppen waarbij de sleutelprikkels hiervoor ontbreken.

- **Afb. 39** Koppen van dieren met en zonder sleutelprikkels voor vertroetelen.



Je kunt de sleutelprikkels bij knuffeldieren en stripfiguren extra benadrukken zodat ze werken als supranormale prikkels (zie afbeelding 40). Een voorbeeld van een supranormale prikkel bij mensen is felrood gekleurde lippen (zie afbeelding 41). Supranormale prikkels verleiden vaak tot ondoelmatig gedrag. De respons van mensen op sleutelprikkels en supranormale prikkels is ook erfelijk maar minder voorspelbaar dan bij dieren.

Mensen kunnen, door hun bewustzijn, afleren om op sleutelprikkels te reageren. Dat neemt niet weg dat sleutelprikkels en supranormale prikkels een grote invloed op het gedrag van mensen kunnen hebben. In de reclame wordt van sleutelprikkels en supranormale prikkels handig gebruikgemaakt (zie afbeelding 42).

▼ **Afb. 40** Supranormale prikkels bij een pop.



▼ **Afb. 41** Supranormale prikkel: vuurrode lippen.



▼ **Afb. 42** Bij reclame worden vaak de kleuren rood en geel gebruikt.



opdrachten

▼ **Afb. 43** Logo van het Wereld Natuur Fonds.



- 36 a Van welke sleutelprikkels is bij de pop in afbeelding 40 gebruikgemaakt?
 b In afbeelding 41 hebben de vrouwen rode lippen. Welke motivatie wordt (biologisch gezien) versterkt door deze prikkel?
 c Het Wereld Natuur Fonds gebruikt als symbool de panda (zie afbeelding 43). Dit symbool blijkt veel mensen aan te spreken. Leg uit hoe dit komt.
- 37 Supranormale prikkels spelen ook in de mode een grote rol. In afbeelding 44 zie je een mannequin met daarnaast een modetekening. Bij de selectie van mannequins wordt gelet op bepaalde uiterlijke kenmerken die fungeren als supranormale prikkels.
- a Noem twee van deze kenmerken.
 b In de modetekening van afbeelding 44.2 zijn de supranormale prikkels nog extra aangezet. Geef hiervan twee voorbeelden.

► **Afb. 44** Supranormale prikkels.



1 mannequin



2 modetekening

CONTEXT

Wetenschap

Suikerverslaving bestaat niet

▼ **Afb. 45** Lekker zoet!



Iedereen heeft weleens zin in iets zoets: een gebakje, een ijsje of een snoepje. Er wordt beweerd dat mensen overgewicht hebben door de verslavende werking van suiker. Han de Jong van de Universiteit Utrecht concludeert in zijn promotieonderzoek dat suiker niet verslavend is, tenminste niet op de manier zoals verslavende drugs.

Wel zijn er overeenkomsten tussen drugs en suiker. Interne en externe prikkels lokken voedingsgedrag uit, bijvoorbeeld de geur van lekker eten of de reclame over voedsel. Bij die motivatie om te eten speelt de stof dopamine een belangrijke rol. Suiker veroorzaakt dopamineafgifte in het beloningssysteem in de hersenen en in dat opzicht lijkt het op verslavende drugs. Dit is de reden dat mensen suikerrijk eten zo aantrekkelijk vinden. Drugs kunnen na verloop van tijd het dopaminesysteem echt veranderen, waardoor je niet meer zonder kunt en verslaafd bent. Suiker eten geeft weliswaar een gevoel van beloning, maar je wordt er niet van afhankelijk.

Han de Jong geeft aan dat het belangrijk is dat we ons daarvan bewust zijn.

Stellen dat suiker écht verslavend is zoals cocaïne, gaat te ver.

Naar: www.gezondheidsnet.nl, juni 2015.

opdracht

- 38 a** Waarom zijn volgens het onderzoek drugs wel verslavend maar suiker niet echt?
- b** Het vrijkomen van dopamine bij de consumptie van suiker veroorzaakt een plezierig gevoel.
Welke interne en externe prikkel versterken de motivatie voor het consumeren van suiker?
- c** Welke schadelijke gevolgen kan overmatige suikerconsumptie hebben?
- d** In sommige landen wordt extra belasting geheven op suikerhoudende producten om de suikerconsumptie te verminderen. Er zijn meer maatregelen mogelijk, bijvoorbeeld het verbieden van de verkoop van suikerhoudende producten of voorlichting geven op scholen over de gezondheidseffecten.
Welke (combinatie van) maatregelen hebben jouw voorkeur? Onderbouw je mening met argumenten.

Leerdoelen

- Je kunt leerprocessen herkennen en beschrijven en de functie van leren uitleggen.

5 Aangepast gedrag

Direct na de geboorte zuigt een hongerige baby net zo hard op een pink als aan de borst. Erfelijk gedrag is dus niet in elke situatie effectief. Om wormen te lokken maken jonge kieviten trappelende bewegingen op vochtig grasland, maar ook op een natte dweil. Gelukkig trappelt na een tijdje de jonge kievit niet meer op de natte dweil: hij heeft geleerd!

LEERPROCESSEN

Naast prikkels wordt gedrag gevormd door erfelijke factoren en door **leerprocessen**. Het genotype van mensen en dieren bevat gedragssystemen voor veel situaties. Het grote voordeel van erfelijk gedrag is dat dieren en mensen al vanaf de geboorte adequaat gedrag kunnen vertonen in bekende situaties. Het nadeel van erfelijk gedrag is dat het star is en in een onverwachte situatie niet altijd effectief (zie afbeelding 46.1). In een leerproces verandert het gedrag van een dier duurzaam (langdurig) onder invloed van externe prikkels. Op basis van ervaringen gedurende de levensloop kan het dier adequaat gedrag ontwikkelen door leerprocessen (zie afbeelding 46.2).

► **Afb. 46** Erfelijk gedrag.



1 bij een baby



2 bij een kievit

opdracht

- 39 Voor elke handeling is het aandeel van erfelijke factoren en het aandeel van leerprocessen verschillend. Noteer van de volgende gedragssystemen of ze grotendeels worden bepaald door erfelijke factoren of grotendeels door leerprocessen.
- 1 Een papegaai spreekt woorden uit.
 - 2 Een stekelbaars voert een baltsritueel uit.
 - 3 Een reddingshond gaat op zoek naar een slachtoffer.
 - 4 Een kangoeroejong kruipt na de geboorte in de buidel.
 - 5 Een meisje speelt piano.

MANIEREN VAN LEREN

Wat een dier kan leren, is afhankelijk van de soort waartoe het dier behoort. Een tijger leert bijvoorbeeld andere dingen dan een giraffe. Leren kan op verschillende manieren plaatsvinden: door inprenting, door gewenning, proefondervindelijk en door inzicht. Dieren leren van soortgenoten (of mensen) door imitatie en door conditionering. Leerprocessen komen van nature voor en worden gebruikt om gedrag gericht te beïnvloeden, bijvoorbeeld door dressuur, opvoeding en onderwijs.

INPRENTING EN GEWENNING

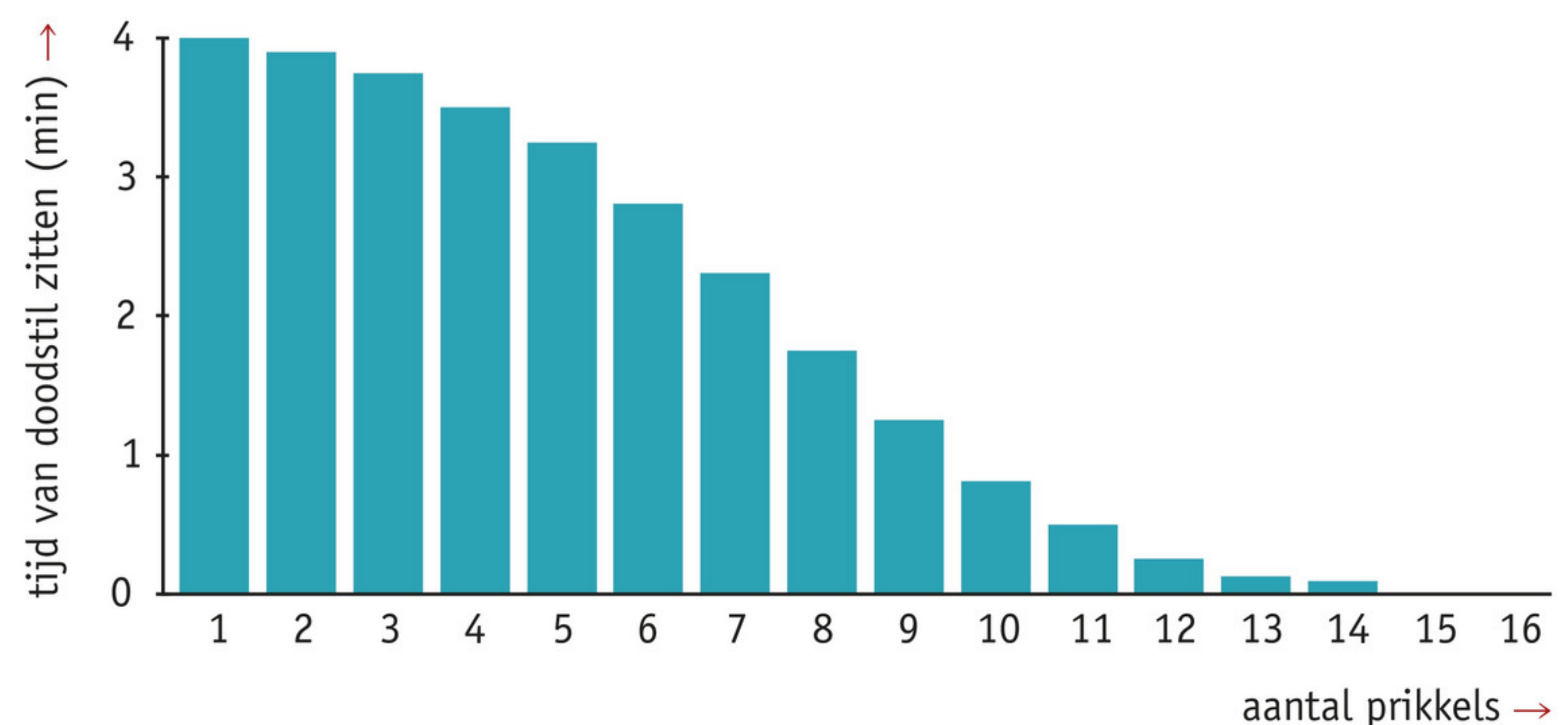
Je spreekt van **inprenting** wanneer dieren iets alleen leren in een bepaalde, korte periode in hun leven (**gevoelige periode**). Het leren herkennen van ouders of soortgenoten berust bij veel diersoorten op inprenting. Jonge ganzen gaan al snel na het uitkomen van de eieren op stap, achter hun moeder aan. Tussen het twaalfde en het zeventiende uur na het uitkomen, leren de jonge ganzen hoe hun moeder eruitziet. In deze periode kunnen ze ook iets anders als hun moeder aanvaarden, als dit op een bepaalde manier beweegt en bepaalde geluiden maakt (zie afbeelding 47).

► **Afb. 47** Inprenting bij ganzen.



Als de kans op een reactie op een prikkel afneemt bij herhaaldelijk toediening van een prikkel, spreek je van **gewenning**. Een muis vertoont een schrikreactie na een hard geluid. Een muis duikt dan in elkaar en blijft even doodstil zitten. Wanneer het geluid wordt herhaald, duurt de schrikreactie steeds korter (zie afbeelding 48). Op het laatst blijft de schrikreactie uit. Het dier is dan gewend geraakt aan het geluid. Bij gewenning gaat het om het afleren van reacties op bepaalde prikkels uit het milieu en het is een eenvoudige vorm van leren.

► **Afb. 48** Gewenning bij een muis.



opdrachten

- 40** Als je een parkiet tam wilt maken, moet je deze zo vroeg mogelijk bij de ouders vandaan halen.
Leg uit waarmee dat samenhangt.

▼ **Afb. 49** Roerdomp in de paalhouding.



- 41** Bij een muis is gewenning opgetreden voor een bepaald hard geluid (zie afbeelding 48). De muis reageert niet meer op het geluid.
- a** Verwacht je een reactie als je deze muis aan een felle lichtflits blootstelt? Leg je antwoord uit.
 - b** Wat is onder natuurlijke omstandigheden het nut van gewenning?
- 42** Wanneer de roerdomp merkt dat er gevaar dreigt, neemt hij de 'paalhouding' aan (zie afbeelding 49). Wordt de bedreiging sterker, dan pikt de roerdomp naar de ogen van de aanvaller. Onderzoekers konden deze afweerreactie steeds weer opwekken met een bepaald model: een kartonnen vlak met twee opgeplakte schijven. De oogpikbeweging van een roerdomp kan erfelijk zijn vastgelegd. Ook is het mogelijk dat dit gedrag is aangeleerd.
- a** Hoe zou de methode van dit experiment eruit kunnen zien waarmee je kunt vaststellen of het naar de ogen pikken bij de roerdomp erfelijk is vastgelegd en niet is aangeleerd? Je mag er bij je experiment van uitgaan dat je de beschikking hebt over een groot aantal broedende roerdompen.
 - b** Welk resultaat van het experiment leidt tot de conclusie dat het oogpikgedrag erfelijk is vastgelegd? En welk resultaat leidt tot de conclusie dat het gedrag is aangeleerd?

CONDITIONERING

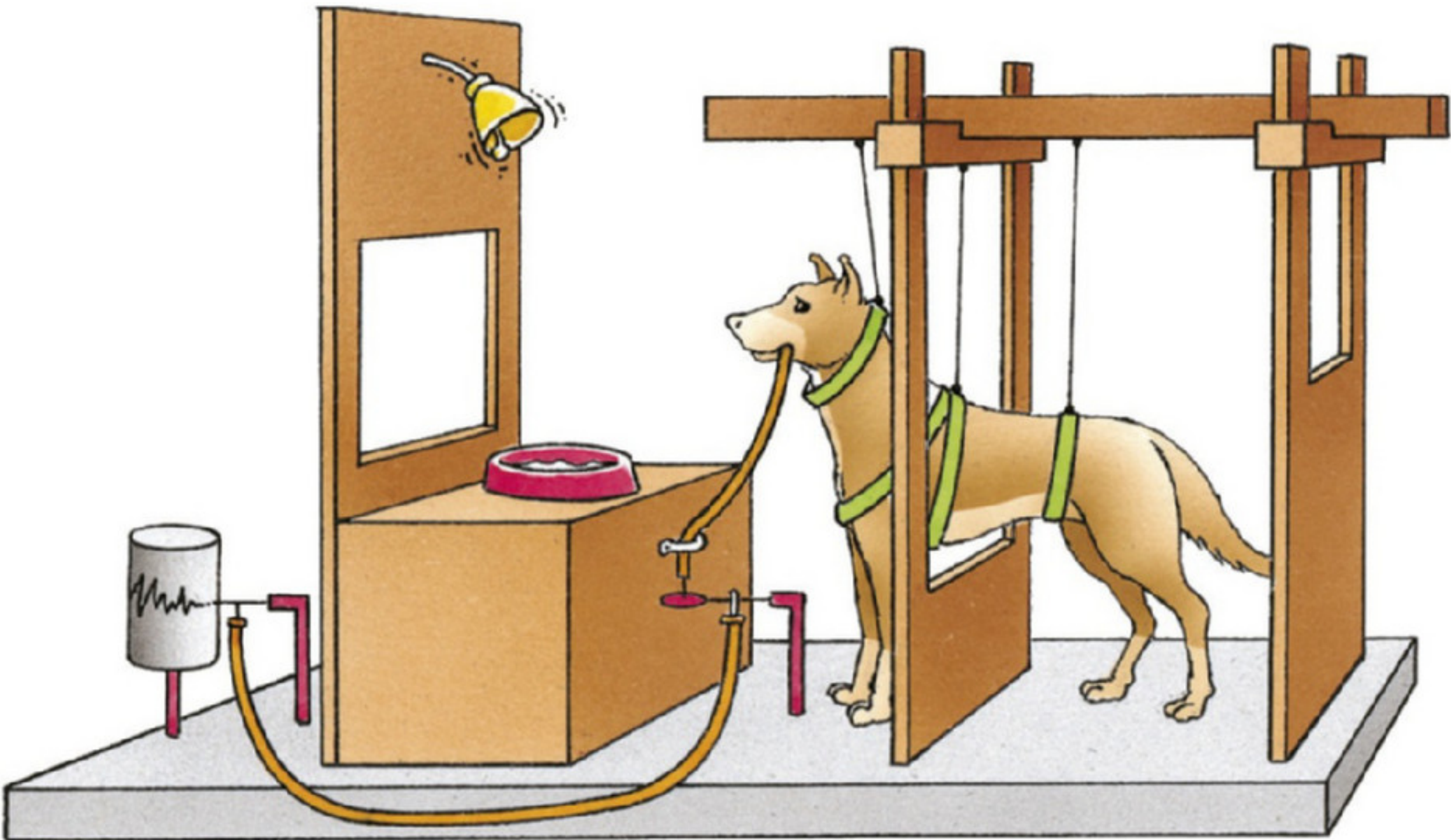
Bij **conditionering** leert een dier of mens bepaald gedrag door 'beloning' of 'straf'. Conditionering onder natuurlijke omstandigheden heet **proefondervindelijk** leren. Daarbij leren dieren van de ervaringen die ze opdoen bij het uitvoeren van bepaald gedrag. Een insectenetende vogel bijvoorbeeld vermijdt alle zwartoranje gekleurde rupsen, na enkele keren de vieze smaak van een zwartoranje rups te hebben geproefd. Je noemt proefondervindelijk leren ook wel leren door '**trial and error**'. Als de uitgevoerde handeling geen beloning oplevert, neemt de frequentie van de handeling af. Bij beloning neemt de handelingsfrequentie juist toe. Leren door conditioneren wordt veel toegepast bij dressuur, bij het trainen van honden en bij het dressereren van bijvoorbeeld dolfijnen. Ook in opvoeding en onderwijs speelt conditionering een rol.

PAVLOV-EFFECT, DE SKINNER-BOX EN DOPAMINE

Een klassiek voorbeeld van conditionering zijn de proeven van de Russische gedragsonderzoeker Ivan Pavlov aan het begin van de twintigste eeuw. Hij liet zien dat een natuurlijke prikkel (voedsel) kan worden vervangen door een kunstmatige prikkel (een belgeluid) bij het veroorzaken van een natuurlijke respons (zie afbeelding 50). Pavlov noemde deze reactie een **geconditioneerde reflex**, die nu bekendstaat als de Pavlov-reactie.

In de jaren vijftig van de vorige eeuw publiceerde de Amerikaanse psycholoog Burrhus Skinner een manier om gedrag te beïnvloeden via beloning. Skinner ontwikkelde een 'leermachine' voor dieren: de **Skinner-box** (zie afbeelding 51). De frequentie van een handeling neemt toe als daarop een beloning volgt. Door een beloning na een handeling ontstaat in de hersenen de neurotransmitter dopamine. Dopamine geeft een geluksgevoel. Bij dieren en mensen kan door beloning het meest uiteenlopende gedrag worden aangeleerd. Andersom geldt ook dat de frequentie van het aangeleerde gedrag zal afnemen als een beloning uitblijft. Mensen kunnen er bewust voor kiezen om hun gedrag niet te laten beïnvloeden door een aangeboden beloning.

▼ Afb. 50

ONDERZOEK		PAVLOV-REACTIE
Inleiding	Als een hond voedsel in zijn bek krijgt (natuurlijke prikkel), gaan zijn speekselklieren speeksel produceren (respons).	
Onderzoeksvraag	Kan een kunstmatige prikkel dezelfde respons veroorzaken als een natuurlijke prikkel?	
Hypothese	Een kunstmatige prikkel kan dezelfde respons veroorzaken als een natuurlijke prikkel.	
Experiment	Pavlov bracht door de wang van de hond een buisje aan in een speekselklier, zodat de hoeveelheid geproduceerd speeksel kon worden gemeten (zie afbeelding 1).  1 proefopstelling Hij onderscheidde drie fasen: 1 Geef het dier eerst alleen voedsel. 2 Bied een aantal malen voedsel aan, dat telkens wordt voorafgegaan door een bepaald geluid. 3 Laat tot slot alleen het geluid horen. Meet bij elke fase de hoeveelheid geproduceerd speeksel.	
Resultaat	fase 1 S ————— V ————— R ————— fase 2 S — [] ————— V ————— R ————— fase 3 S — [] ————— V ————— R — [] ————— Legenda: S = signaal (belgeluid) V = voedsel R = respons 2 schema behandeling en resultaat in chronologische volgorde	
Conclusie		

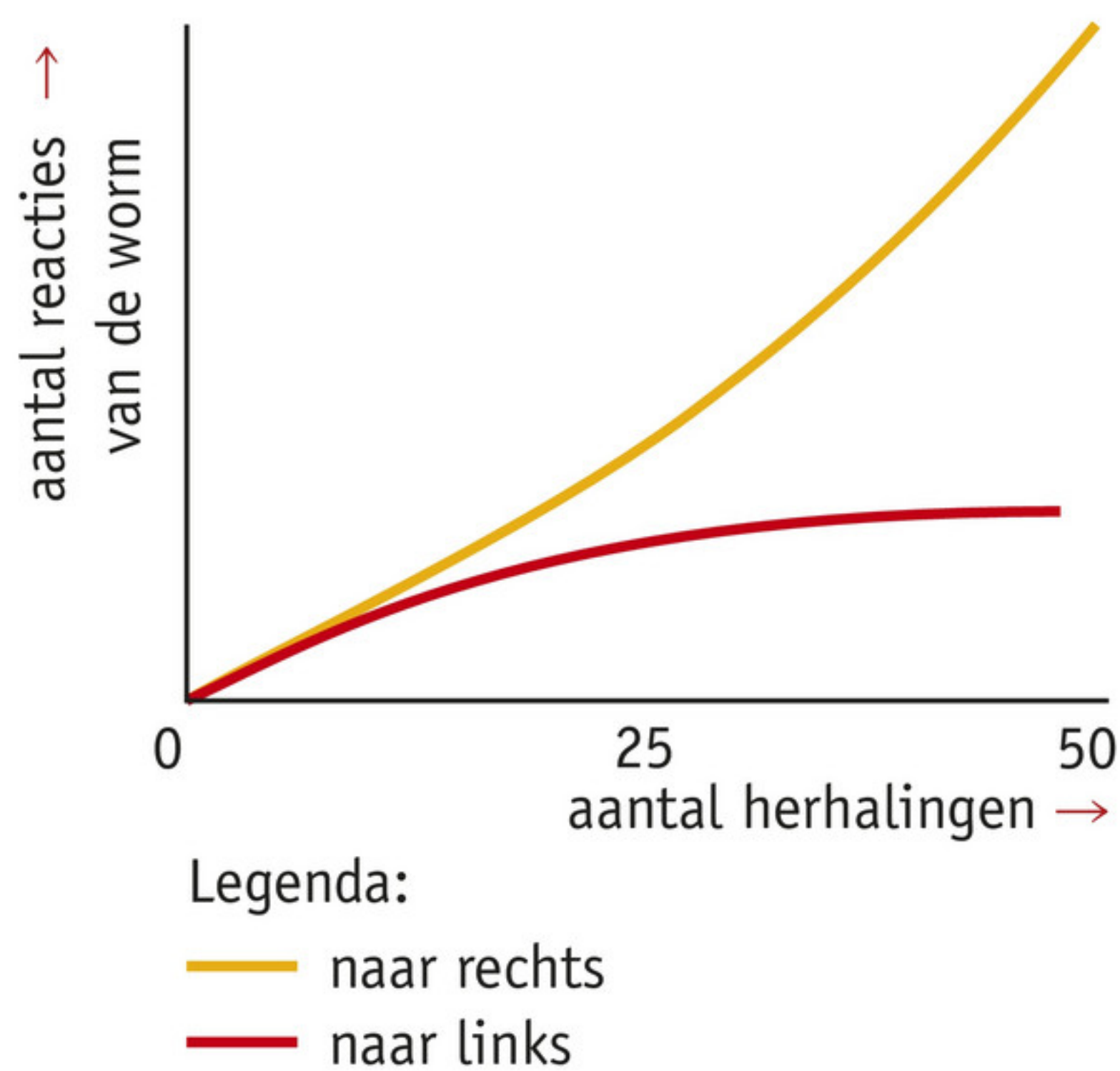
▼ Afb. 51

ONDERZOEK SKINNER-BOX							
Inleiding	Met de Skinner-box kon Skinner laten zien hoe gedrag door beloning kan worden beïnvloed. Een hongerige rat die in de kooi wordt gezet, zal vroeg of laat op het hefboompje drukken.						
Onderzoeksvraag	Kan het gedrag van een rat worden beïnvloed door gewenst gedrag te belonen?						
Hypothese	Gedrag kan worden beïnvloed door gewenst gedrag te belonen.						
Experiment	In de Skinner-box bevindt zich een hefboompje. Wanneer een rat daarop drukt, valt een voedselbrokje in de voerbak. Het aantal keren dat het hefboompje door de rat wordt ingedrukt, wordt geregistreerd. 1 Skinner-box						
Resultaat	<table border="1"><thead><tr><th>Behandeling</th><th>Handelingsfrequentie</th></tr></thead><tbody><tr><td>zonder beloning</td><td>~1</td></tr><tr><td>met beloning</td><td>~5</td></tr></tbody></table> 2 behandeling en resultaat	Behandeling	Handelingsfrequentie	zonder beloning	~1	met beloning	~5
Behandeling	Handelingsfrequentie						
zonder beloning	~1						
met beloning	~5						
Conclusie							

opdrachten

- 43
- Veel dieren kun je dresser en door conditionering, zelfs een regenworm. Tijdens een experiment kon een regenworm in een T-vormige buis kiezen tussen linksaf of rechtsaf gaan. Als de worm linksaf ging, kreeg hij een zwakke elektrische schok. Als hij rechtsaf ging, kreeg hij een sappig slablaadje. In het begin ging de worm ongeveer even vaak linksaf als rechtsaf. Na ongeveer honderd keer ging de worm alleen nog maar rechtsaf.

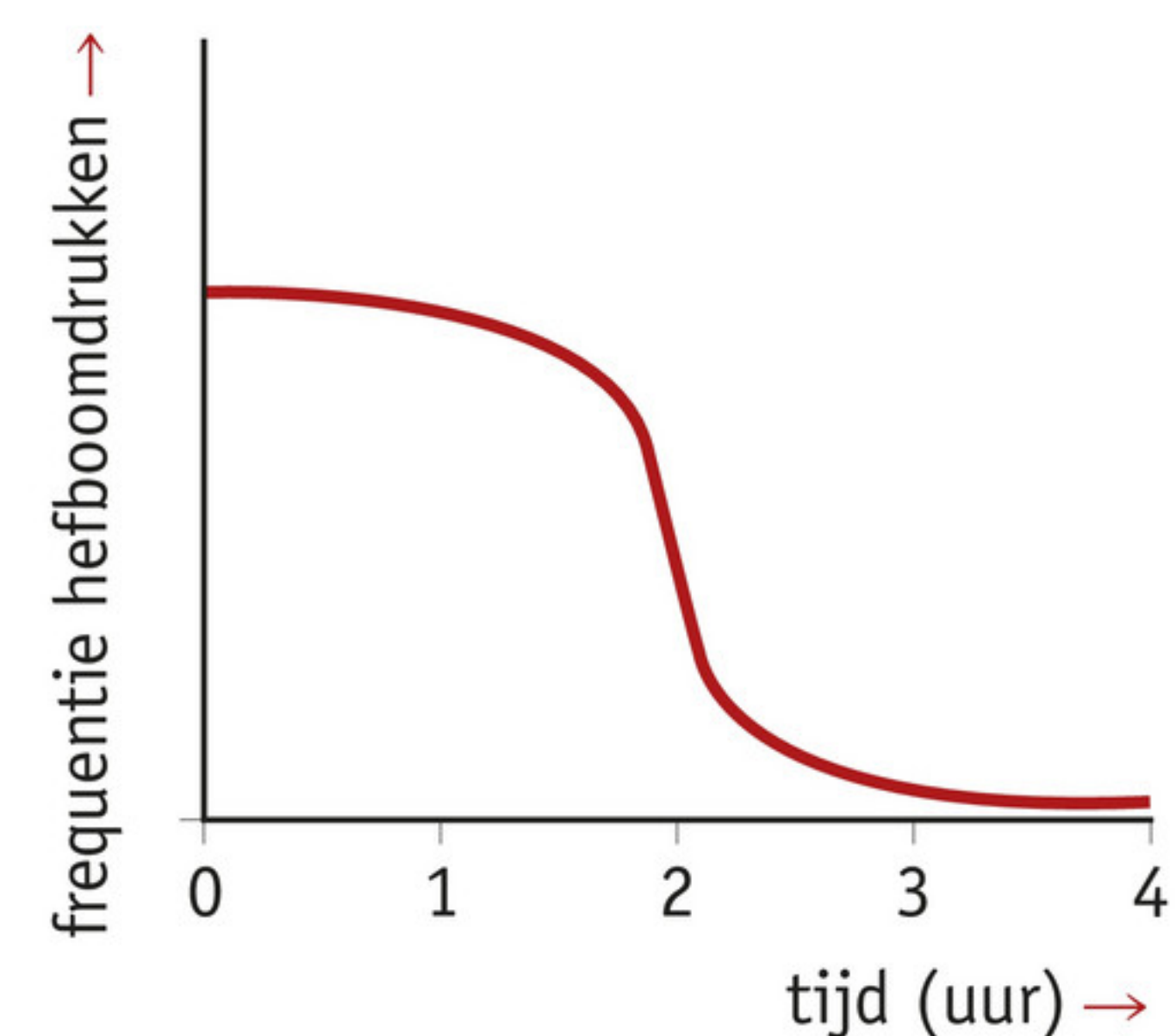
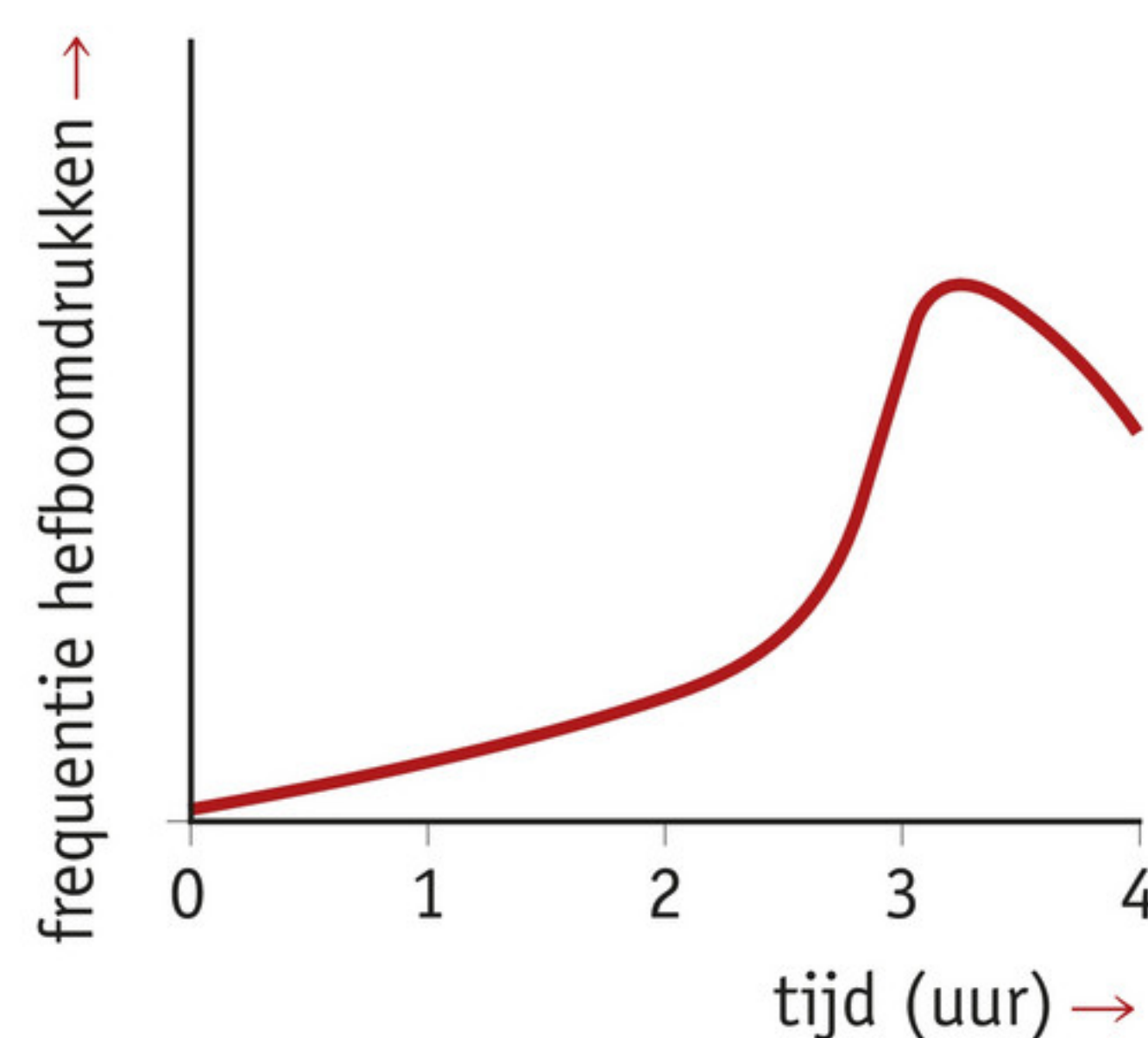
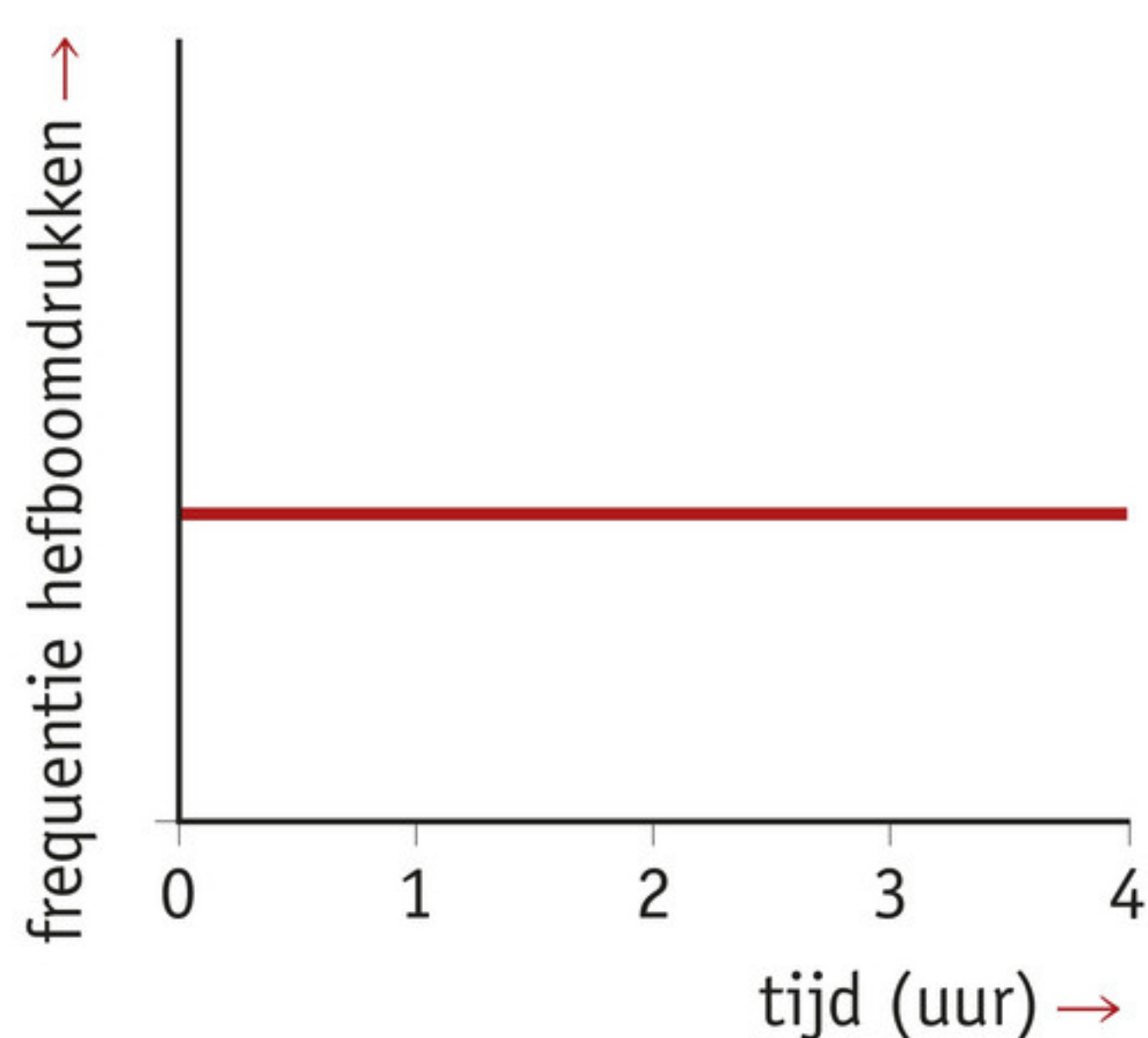
▼ **Afb. 52** Leren door conditionering bij een regenworm.



- a Teken schematisch de proefopstelling voor het conditioneren van de regenworm.
 b In afbeelding 52 is het resultaat van het experiment weergegeven. Welke conclusie kun je trekken uit dit experiment?

- 44 In afbeelding 50 zie je het experiment van Pavlov. De resultaten staan in een diagram.
 a Formuleer het resultaat in woorden voor fase 1, 2 en 3.
 b Formuleer de conclusie van het experiment van Pavlov.
- 45 Als je de bel van de ijscoke hoort, wil je een ijsje gaan kopen.
 a Hoe kun je deze reactie verklaren volgens Pavlov?
 b De meeste fabrikanten hebben een logo (beeldmerk) voor hun producten. Om de markt kennis te laten maken met hun product, wordt het product vaak een keer gratis aangeboden. Verklaar de functie van beeldmerken en gratis producten met conditionering.
- 46 In afbeelding 51 zie je het experiment van Skinner.
 a Welk verband tussen de handelingsfrequentie en het geven van voer werd gevonden als resultaat?
 b In een experiment wordt een hongerige rat in een Skinner-box geplaatst. De rat heeft nooit eerder in een Skinner-box gezeten. In welk diagram van afbeelding 53 is deze frequentie juist weergegeven? Tijdstip 0 is het moment waarop de rat in de Skinner-box is geplaatst.
 c Geef aan waarom het voor het leerproces van de rat in het experiment van belang is dat de rat hongerig is.
 d Welke conclusie kun je trekken?
 e De frequentie van het hefboomdrukken blijkt na enige tijd af te nemen. Verklaar deze afname.

▼ **Afb. 53** Diagrammen van de handelingsfrequentie.



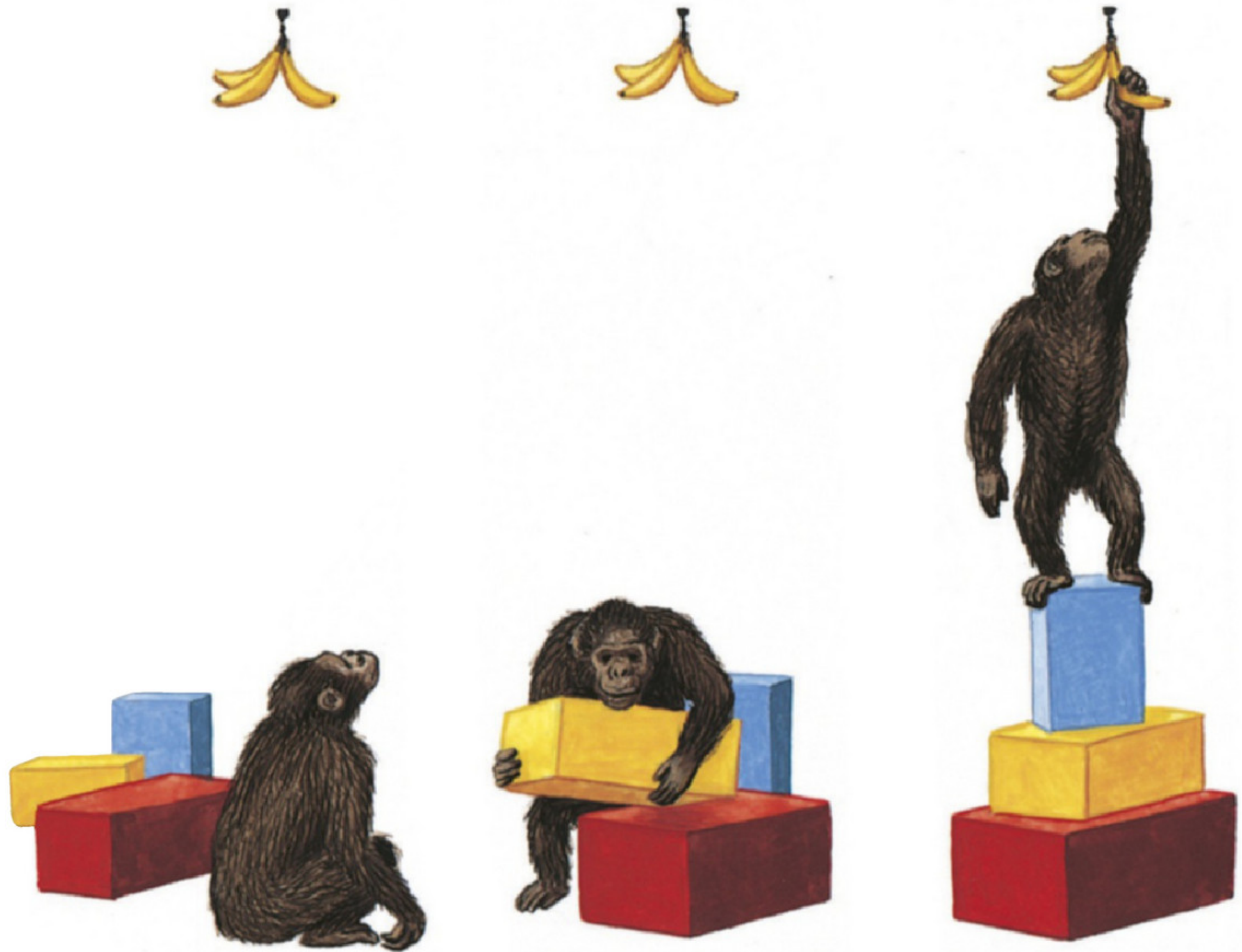
IMITATIE

Wanneer dieren leren door het gedrag van soortgenoten na te doen, spreek je van **imitatie** (nabootsing). Jonge vogels leren de zang door de geluiden van de ouders na te bootsen. Soms wordt nieuw ontwikkeld gedrag geïmiteerd als dat voordeel oplevert. Een groep apen (makaken) kreeg met grond vervuilde zoete aardappelen en graankorrels aangeboden. Een makaakvrouwtje ontdekte iets. Ze raapte de graankorrels niet langer stuk voor stuk tussen het zand op, maar harkte de korrels met haar handen bij elkaar en smet ze met zand en al in het water. Het zand zonk en de korrels bleven drijven, zodat de korrels zonder moeite konden worden opgeschept. Dit gedrag werd door andere groepsleden geïmiteerd.

INZICHT

Je spreekt van **inzicht** wanneer een dier of mens in een nieuwe situatie de oplossing van een probleem vindt door ervaringen uit het verleden op een andere wijze te combineren. Leren door inzicht komt vooral voor bij primaten (zie afbeelding 54).

► **Afb. 54** Leren door inzicht bij mensapen.



opdrachten

- 47 Een groep makaken kreeg met grond vervuilde zoete aardappelen. Een van de jonge vrouwtjes ging de aardappelen wassen voordat ze deze at (zie afbeelding 55). Dit gedrag werd al snel overgenomen door de jonge dieren. Bij de makaken aarzelden de oudere mannetjes om het gedrag van het jonge vrouwtje te imiteren, doordat het vrouwtje lager in rang staat. Uiteindelijk imiteerden ze het gedrag toch. Wat kan de reden zijn dat ze het gedrag uiteindelijk toch imiteerden?

- 48 Welk leerproces ligt ten grondslag aan de volgende verschijnselen?
- 1 Jonge chimpansees die nog nooit aan proeven mee hadden gedaan, werden in een ruimte gebracht met een tros bananen aan het plafond. In de ruimte bevonden zich enkele kisten. De chimpansees konden niet rechtstreeks bij de bananen, maar sommige chimpansees bouwden al vrij snel een stapel van de kisten, waardoor ze de bananen te pakken kregen (zie afbeelding 55).
 - 2 Een jonge vogel landt tegen de wind in. Vogels die met de wind mee landen, vallen voorover.
 - 3 Eieren van een zebrovink werden uitgebroed door pleegouders van een andere soort. De uitgekomen jongen werden enkele weken lang door de pleegouders verzorgd. Daarna werden de jongen van de pleegouders gescheiden. Het volgende jaar richtten de mannelijke jongen hun voortplantingsgedrag op vrouwtjes van de pleegoudersoort.
 - 4 Dolfijnen leerden in een dolfinarium over een hindernis te springen.
 - 5 In een kersenboomgaard werden de spreeuwen verjaagd door om de vijf minuten een harde knal te laten horen. Na enkele dagen vlogen de spreeuwen niet meer weg wanneer ze de knal hoorden.

▼ **Afb. 55** Leren door imitatie.



▼ Afb. 56 Goudvink.



- 49 Bij goudvinken zingen alleen de mannetjes (zie afbeelding 56). De jongen worden door beide ouders verzorgd tot ze uitvliegen. Een etholoog heeft twee goudvinkmannetjes. Het normale mannetje (G) zingt op een manier zoals de meeste goudvinken. Het andere mannetje (K) zingt op een manier die doet denken aan de zang van een kanarie. De etholoog laat beide mannetjes paren met normale goudvinkvrouwtjes. De jongen worden op normale wijze door de ouders grootgebracht.
- De mannelijke nakomelingen van goudvink G blijken de normale goudvinkenzang te ontwikkelen, terwijl de mannelijke nakomelingen van goudvink K op een kanarieachtige manier zingen.
- De onderzoeker veronderstelt dat de aard van de zang bij jonge goudvinken door inprenting wordt geleerd en niet een gevolg is van erfelijke factoren. Welke stap in het onderzoek wordt weergegeven met de veronderstelling?
 - Beschrijf een experiment waarmee je na nieuwe paringen van goudvink G en K met normale vrouwtjes kunt controleren of de hypothese wel of niet juist is.
 - Geef de verwachting van het experiment wanneer er sprake is van inprenting. Formuleer dit in de zin 'Als ... dan ...'.

CONTEXT

Leefwereld

▼ Afb. 57 Slimme Japanse notenkraai.



Campuskrakers

Dacht je dat een zebrapad alleen door mensen wordt gebruikt? Nee hoor! Een Japanse kraai heeft een slimme truc bedacht om noten te kraken. De kraai behoort tot de soort *Corvus macrorhynchos* (dikbekkraai) die van oudsher noten op rotsen laat vallen om ze open te krijgen. Deze kraai gooit geen noten op rotsen. Hij zit rustig bij een drukke weg te wachten tot hij in de verte een vrachtwagen ziet aankomen. Vervolgens laat de kraai de noot vallen, wacht bij het zebrapad tot het voetgangerslicht op groen springt en hipt in alle rust naar de door de vrachtwagen gekraakte noot toe.

De kraai behoort tot een groep kraaien die op een Japanse campus rondhangt. Ze vertonen allemaal dit gedrag. Sommige wachten tot het licht groen is en deponeren al wandelend hun noot op het zebrapad, andere laten de noten vanaf een draad vallen. Allemaal hebben ze in de gaten dat vrachtwagens noten kapot kunnen rijden en dat ze bij groen licht zonder levensgevaar kunnen oversteken. Als een noot op een verkeerde plek ligt, wandelen de kraaien over het zebrapad en leggen de noot op een betere plek neer. De kraaien vertonen dit gedrag sinds 1990. Vermoedelijk heeft één kraai de truc ontdekt en hebben de andere het nageaapt.

opdracht

- 50
- Door welk leerproces heeft een kraai deze truc ontdekt? Leg je antwoord uit.
 - Wat is de biologische term voor het na-apen van de truc door andere kraaien?
 - Kun je het gedrag van de campuskraaien adequaat noemen? Leg je antwoord uit.

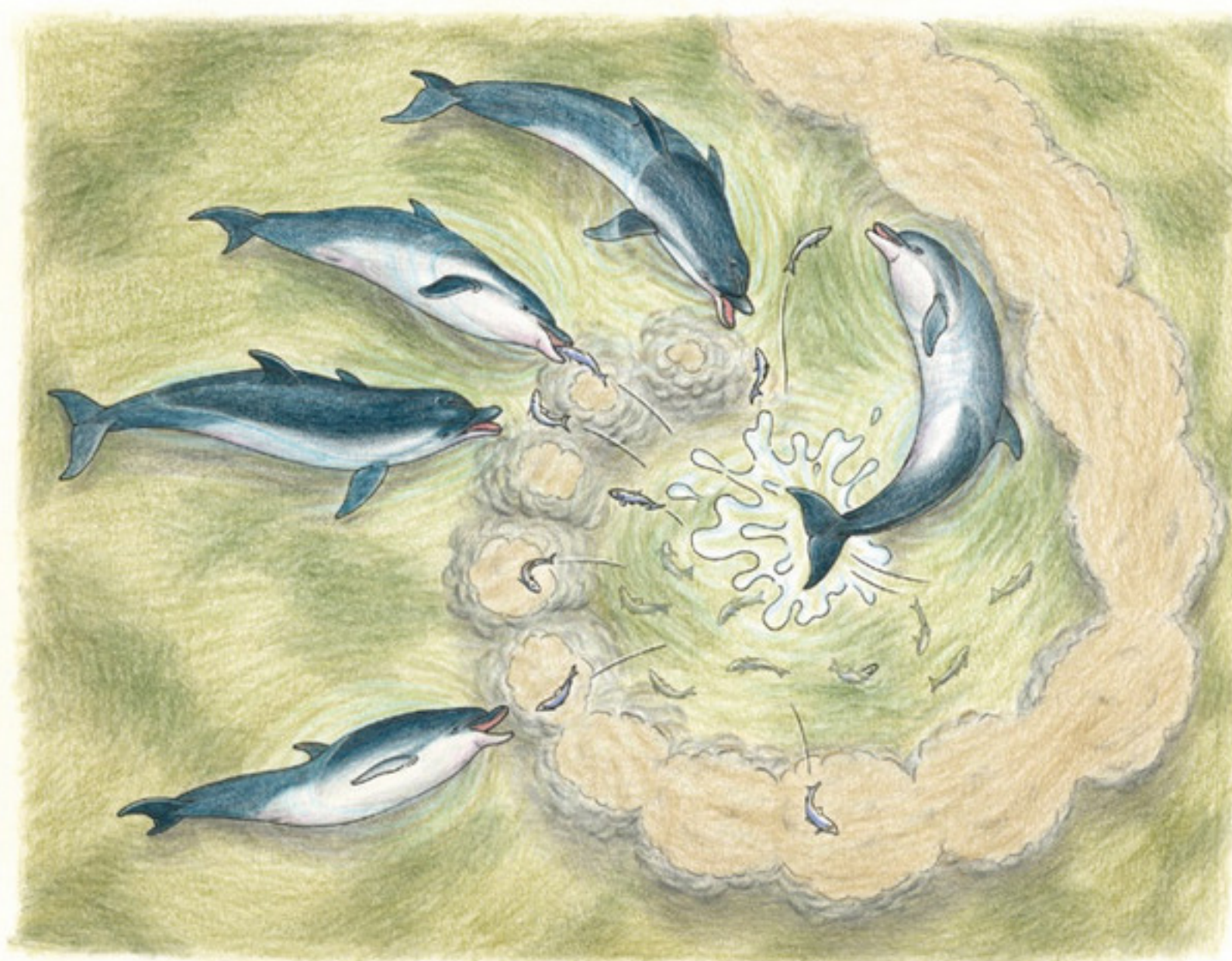
Leerdoelen

- Je kunt de functie van verschillende vormen van sociaal gedrag uitleggen en het verband aangeven met overlevingskansen.

▼ **Afb. 58** Gibbons vormen paren voor het leven.



▼ **Afb. 59** Een tuimelaar sluit een school vissen in.



6 Sociaal gedrag

Bij kippen is er één hen die alle andere hennen domineert door naar ze te pikken en ze op die manier te verdringen bij het verkrijgen van voedsel. De hen boven aan de pikorde heeft het hoogste testosterongehalte in haar bloed. De hen onder aan de pikorde is de dupe en wordt door alle andere hennen gepikt.

SOLITAIR, IN PAREN OF IN GROEPEN

Bij veel diersoorten leven de individuen onafhankelijk van elkaar (solitair) en vindt tijdens de balts en de paring paarvorming plaats. Vaak verzorgt alleen het vrouwtje of alleen het mannetje de eieren en de jongen (broedzorg). Bij sommige diersoorten worden paren gevormd voor een of meer seizoenen, soms zelfs voor het leven (monogaam). Dit komt voor bij sommige soorten vissen, bij veel soorten vogels en bij enkele zoogdieren (zie afbeelding 58). Bij veel vogelsoorten werken het mannetje en het vrouwtje van een paar samen bij de nestbouw, het broeden, de verzorging en bescherming van de eieren en de jongen, het zoeken van voedsel, enzovoort. Leven in groepen komt voor bij insecten, vissen, vogels en zoogdieren.

SIGNALEN

Bij veel dieren en mensen wordt het gedrag sterk beïnvloed door soortgenoten. Het gedrag van soortgenoten ten opzichte van elkaar noem je **sociaal gedrag**. Bij sociaal gedrag is een handeling van een individu de prikkel voor een handeling van een soortgenoot. Je noemt de prikkels (handelingen) bij sociaal gedrag **signalen**. Bij de balts van de stekelbaars bijvoorbeeld is de zigzagdans van het mannetje voor het vrouwtje een signaal waardoor het vrouwtje de baltshouding aanneemt. Signalen dienen voor informatieoverdracht tussen soortgenoten (**communiceren**). Signalen kunnen worden gegeven door middel van kleuren, geuren, geluiden, houdingen, gebaren en taal. Sociaal gedrag kan ook dienen voor de vaststelling van een rangorde en de taakverdeling binnen groepen, voortplantingsgedrag, verzorgingsgedrag en territoriumgedrag.

Samenleven in een groep kan de kans vergroten om te overleven. Tuimelaars (een dolfijnensoort) werken bijvoorbeeld samen bij het vangen van vis (zie afbeelding 59). Nakomelingen worden beschermd en verzorgd door de groep en kunnen leren van hun groepsgenoten. Binnen groepen kunnen ook conflicten ontstaan. De verdeling van macht, ruimte, voedsel en seksuele partners zijn twistpunten. Het vormen van territoria, een duidelijke onderlinge rangorde of een strakke taakverdeling zijn manieren om ernstige conflicten tussen soortgenoten te voorkomen.

BALTS EN BRONST

Bij veel diersoorten gaat aan de paring baltsgedrag vooraf dat bestaat uit een aantal karakteristieke signalen die een gedragsketen vormen. Baltsgedrag is opvallend en trekt daardoor mogelijke partners aan. Baltsgedrag vergroot de bereidheid tot paren. Paring is noodzakelijk bij diergroepen met inwendige bevruchting, zoals vogels en zoogdieren. De balts vermindert agressie tussen partners en kan de paarband versterken. De signalen bij de balts zijn soortspecifiek, zodat alleen paring met soortgenoten plaatsvindt.

▼ **Afb. 6o** Poetsgedrag bij een wilde eend.



Baltsgedrag bestaat meestal uit een combinatie van handelingen uit andere gedragssystemen, zoals voortplantingsgedrag, aanvals- en vluchtgedrag, voedingsgedrag en verzorgingsgedrag. Een voorbeeld hiervan is het 'poetsen' van de veren door eenden tijdens de balts (zie afbeelding 6o).

De handelingen bij de balts worden vaak overdreven, omgevormd en/of versneld uitgevoerd, zodat ze een signaalfunctie krijgen. Je spreekt dan van **geritualiseerd gedrag**. Bij zoogdieren noem je de bereidheid tot paring **bronst** in plaats van balts.

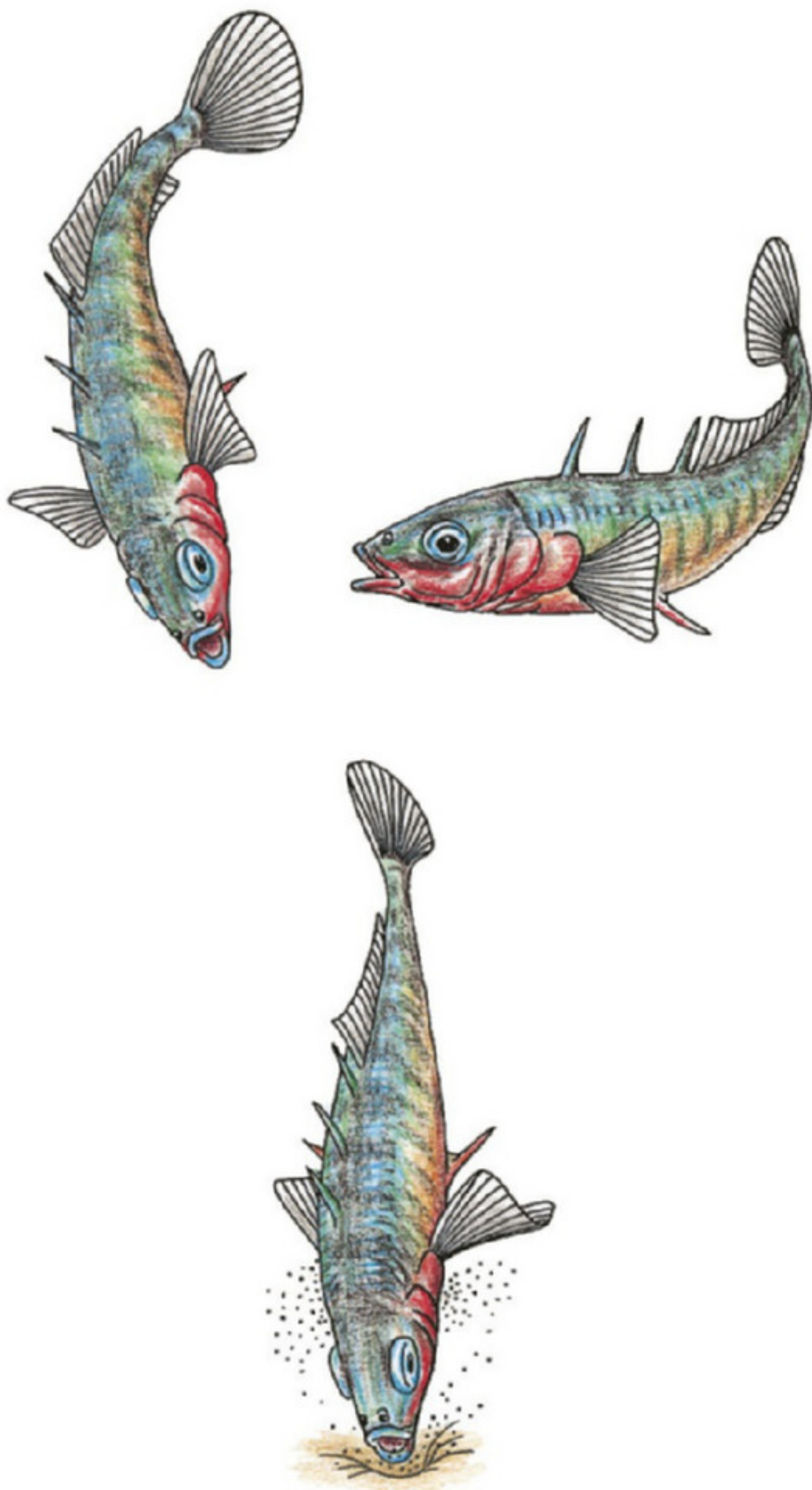
opdrachten

- 51 Twee merelmannetjes vechten om een territorium.
 - a Is dit sociaal gedrag? Leg je antwoord uit.
 - b Iemand geeft zijn hond commando's.
Is dit sociaal gedrag? Leg je antwoord uit.
 - c Geef een voorbeeld van een prikkel met signaalfunctie bij mensen.
- 52 Een merelvrouwtje reageert niet op de balts van een lijstermannetje.
 - a Leg uit waarom niet.
 - b In afbeelding 61 is het baltsgedrag van futen weergegeven.
Welke functie heeft de balts voor dit paar futen?
 - c Flirten bij mensen heeft een soortgelijke functie en vorm als bronst bij dieren.
Leg dit uit.
- 53 Bij vissen komt broedzorg door alleen het mannetje relatief vaak voor. Bij vogels en zoogdieren zorgt meestal het vrouwtje hiervoor. Dit hangt samen met het type bevruchting en de verdere embryonale ontwikkeling.
Leg dit uit.
- 54 Groepen tuimelaars hebben een manier gevonden om hun prooi, snel zwemmende vissen, te vangen. Al slaande op de zeebodem zwemt een van de tuimelaars in een cirkel rondom een school vissen en creëert zo een kring van modder. Op het moment dat deze dolfijn de kring sluit, slaat het dier hard met zijn staart in de kring met vissen. In paniek springen de vissen door de lucht omhoog uit de kring. De rest van de groep tuimelaars wacht rondom de modderkring de vissen met open bek op.
 - a Waarover is communicatie nodig tussen de groepsleden voor dit groepsgedrag?
 - b Dit groepsgedrag is zowel effectief voor het individu als adequaat voor de populatie.
Leg dit uit.

▼ **Afb. 61** Baltsgedrag bij futen (pinguïndans).



▼ **Afb. 62** Conflictgedrag bij de stekelbaars.



TERRITORIUMGEDRAG EN CONFLICTGEDRAG

Bij veel diersoorten probeert elk mannetje een territorium af te bakenen. Door een territorium te vormen wordt een zekere hoeveelheid voedsel of ruimte veiliggesteld om nakomelingen groot te kunnen brengen. Een territorium vermindert daarnaast conflicten tussen soortgenoten. Door middel van **territoriumgedrag** verdedigt het mannetje dit gebied tegen binnendringende soortgenoten. Een soortgenoot die het territorium is binnengedrongen, wordt doorgaans aangevallen. Het verdedigende mannetje kan ook reageren door te vluchten. Veel dieren vertonen op de grens van hun territorium **dreiggedrag** als een indringer nadert.

De stand van het lichaam van de stekelbaars bij de dreighouding (met de kop omlaag) is een handeling uit een ander gedragssysteem, namelijk het zandhappen bij de nestbouw (zie afbeelding 62). Je noemt dit type gedrag **overspronggedrag**. Het zandhappen heeft niets met het verdedigen van het territorium te maken. Binnendringende stekelbaarsmannetjes blijken het zandhappen als zeer dreigend te ervaren en vluchten dan ook bijna altijd. Als de indringer niet vlucht voor deze dreighouding, gaat het dreigende mannetje ook werkelijk zandhappen. Overspronggedrag lijkt zinloos gedrag, maar het heeft vaak een signaalfunctie. Het wordt veroorzaakt door een inwendig conflict tussen gedragssystemen, in het geval van het stekelbaarsje aanvalsgedrag en vluchtgedrag. Dit (inwendig) **conflictgedrag** ontstaat als voor meerdere gedragssystemen een even sterke motivatie bestaat.

RANGORDE

Bij dieren die in groepen leven, zoals wolven en bavianen, bestaat in de groep een duidelijke rangorde. Een **rangorde** is een volgorde binnen een populatie van dominant naar minst dominant. Bij kippen noem je de rangorde **pikorde**. Het is een manier om conflicten te voorkomen.

Bavianen leven in groepen van enkele tientallen dieren. Bij een groep bavianen is de rangorde te zien als ze zich verplaatsen (zie afbeelding 63). Er zijn drie of vier dominante mannetjes. De dominante mannetjes hebben de hoogste concentratie testosteron in het bloed. Zij paren doorgaans het vaakst en hebben daardoor de grootste kans op nakomelingen. Bij gevaar beschermen de dominante mannetjes de zwangere vrouwtjes en de vrouwtjes met jongen. De dominante mannetjes (zwart) lopen rondom zwangere vrouwtjes en vrouwtjes met jongen (groen). Daaromheen lopen groepjes jonge dieren van verschillende leeftijden (geel). De buitenkant wordt gevormd door ondergeschikte mannetjes (oranje).

► **Afb. 63** Rangorde bij een groep bavianen.



Ondergeschikte dieren proberen vaak een hogere plaats in de rangorde te krijgen door gevechten uit te lokken. Het komt echter zelden tot gevechten op leven en dood. Vaak is dreiggedrag voldoende om een conflict te beëindigen. Bij het dreigen kunnen de dieren **imponeergedrag** vertonen: ze maken zich zo groot en indrukwekkend mogelijk (zie afbeelding 64.1). Tegenover het dreiggedrag van een dominant mannetje vertoont het ondergeschikte dier vaak **verzoeningsgedrag** (zie afbeelding 64.2). Het verzoeningsgedrag is een signaal dat de agressie van het dominante dier doet afnemen.

► **Afb. 64** Gedrag van bavianen.



1 imponeergedrag

2 verzoeningsgedrag

STATENVORMENDE INSECTEN

Sommige soorten insecten leven in **staten**. Dit zijn grote populaties met een sterke taakverdeling. Statenvormende insecten zijn bijvoorbeeld bijen, mieren en termieten. Een bijenstaat kan wel uit zestigduizend bijen bestaan. In elke bijenstaat komt een koningin voor (zie afbeelding 65). De koningin legt bevruchte en onbevruchte eieren. Uit bevruchte eieren ontwikkelen zich werkbijen. Uit de onbevruchte eieren ontstaan darren.

De meeste bijen in een bijenstaat zijn werkbijen. Dat zijn vrouwtjes bij wie de voortplantingsorganen niet tot ontwikkeling zijn gekomen. Werkbijen verzamelen voedsel, bouwen honingraten en verzorgen de larven (broedzorg). De populatie als geheel zorgt voor bescherming, voedselvoorziening en voortplanting binnen de staat. In de zomermaanden bevat een bijenstaat enkele honderden darren. Enkele van deze darren bevruchten de koningin. Wanneer dat is gebeurd, verjagen de werkbijen de darren uit de bijenstaat.

► **Afb. 65** Taakverdeling bij honingbijen.



1 Koningin legt de eieren.

2 Werkbij verzamelt voedsel en verzorgt larven.

3 Dar bevrucht de koningin.

opdrachten

- 55 Een kat die een prooi heeft gemist, krabt zich achter de oren (zie afbeelding 66).
- a Hoe heet dit type gedrag?
 - b Dreiggedrag bij een kraaghagedis (zie afbeelding 67) vindt over het algemeen alleen plaats aan de grens van een territorium. Waardoor zal het niet midden in een territorium plaatsvinden?

► Afb. 66 Hoe heet dit gedrag?



► Afb. 67 Dreiggedrag bij de kraaghagedis (*Chlamydosaurus kingii*).



▼ Afb. 68 Pikfrequenties bij kippen.

		pikkende hennen									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
gepikte hennen	A										
	B	22									
	C	8	29								
	D	18	11	6							
	E	11	21	11	12						
	F	30	7	6	21	8					
	G	10	12	3	8	15	30				
	H	12	17	27	6	3	19	8			
	I	17	26	12	11	10	17	3	13		
	J	6	16	7	26	8	6	12	26	6	

- 56 a Waardoor ontstaan binnen een populatie wolven vaak geen ernstige gevechten?
- b Bij een chimpansee die imponeergedrag vertoont, gaan de haren overeind staan. Wat is hiervan de functie?
- 57 De pikorde speelt een rol bij de voortplanting: dominante hennen paren vaker dan minder dominante hennen.
- a Een hen die werd geïnjecteerd met testosteron kreeg een hogere plaats in de pikorde. Leg dit uit.
 - b In een scharrelschuur met kippen komen regelmatig gevechten voor tussen hennen. Waardoor ontstaat hier geen (duidelijke) rangorde?
 - c In een ren met tien kippen werd gedurende een bepaalde tijd genoteerd hoe vaak welke hen door een andere hen werd gepikt. In afbeelding 68 zie je het onderzoeksresultaat. De hennen zijn met hoofdletters aangeduid. Welke hen is het meest dominant en welke hen staat onder aan de pikorde? Leg je antwoord uit.

CONTEXT

Leefwereld

Geëmancipeerde bonobovrouwtjes

▼ **Afb. 69** Bonobovrouwtjes met jongen.



Van alle apensoorten lijkt de bonobo het meest op de mens. Er is één groot verschil: bij bonobo's zijn de vrouwen de baas. Dit komt niet doordat de bonobovrouwtjes groter, sterker of agressiever zijn dan de mannetjes. Ze zijn fysiek gezien juist zwakker. Hun geheim: een 'vrouwennetwerk'. Wanneer bonobovrouwtjes last hebben van een gewelddadig mannetje, blijken de volwassen vrouwtjes voor elkaar op te komen. Ze vormen groepjes en vallen het lastige individu aan. De oudere bonobovrouwtjes gaan voorop in de strijd. Ze winnen relatief vaak gevechten van mannetjes en beschermen de jongere vrouwtjes. Dat is opmerkelijk, want vrouwelijke bonobo's verlaten hun geboortegroep na de puberteit en hebben meestal geen genetische verwantschap met de andere vrouwtjes in een groep. Mannetjes blijven in de populatie waarin ze zijn geboren.

Jonge vrouwtjes hebben een lagere sociale status dan mannetjes, maar door de bescherming van oudere vrouwtjes kunnen ze zich aansluiten bij een nieuwe groep zonder bang te hoeven zijn voor aanvallen van mannetjes. De oudere bonobovrouwtjes profiteren ook van de samenwerking met de jonge vrouwtjes. Door de samenwerking kunnen zij hun zonen de gelegenheid bieden om te paren met jonge vrouwtjes.

opdracht

- 58 a Welk verschil in samenlevingsvorm bestaat er tussen mensen en bonobo's?
- b Op welke twee manieren zijn de mannelijke leden van de groep afhankelijk van de volwassen vrouwtjes van de populatie?
- c Bonobovrouwtjes verlaten de groep in de puberteit. Welk voordeel heeft het uitwisselen van vrouwtjes tussen de verschillende populaties?
- d Welk 'voordeel' heeft een volwassen bonobovrouwtje als haar zonen paren met jonge vrouwtjes?

▶▶ OLYMPIADE OPDRACHT 12

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Doe online de verrijkingsstoffen, de flitskaarten en de oefentoets.
- Ga in het boek verder met de Samenhang en de Examentrainer.

Leerdoelen

- Je kunt het optreden van agressie bij hyena's toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.
- Je kunt de biologische vakvaardigheden evolutionair en vorm-functiedenken toepassen op het agressieve gedrag van de hyena's.

Hyenavrouwtjes hebben de broek aan

Dominante hyenavrouwtjes hebben vooral in de draagtijd hoge testosteronconcentraties in hun bloed waardoor hun jongen sterk en agressief worden. Sommige hyenajongen zijn zo heetgebakerd dat ze hun nestgenoten doodbijten.

De gevlekte hyena (*Crocuta crocuta*) is een roofdier en komt voor in grote delen van Afrika. Hyena's leven in groepen of clans waar de vrouwtjes hun hele leven trouw aan zullen blijven. Mannetjes verlaten de clan op een gegeven moment. Bij hyena's maakt het alfavrouwtje de dienst uit. De vrouwtjes zijn groter en agressiever dan de mannetjes. Het agressieve gedrag speelt een belangrijke rol bij het ontstaan van de rangorde in de clan. Mannetjes zijn onderdanig aan de vrouwtjes. Ze gaan de vrouwtjes meestal uit de weg, behalve in de paartijd.

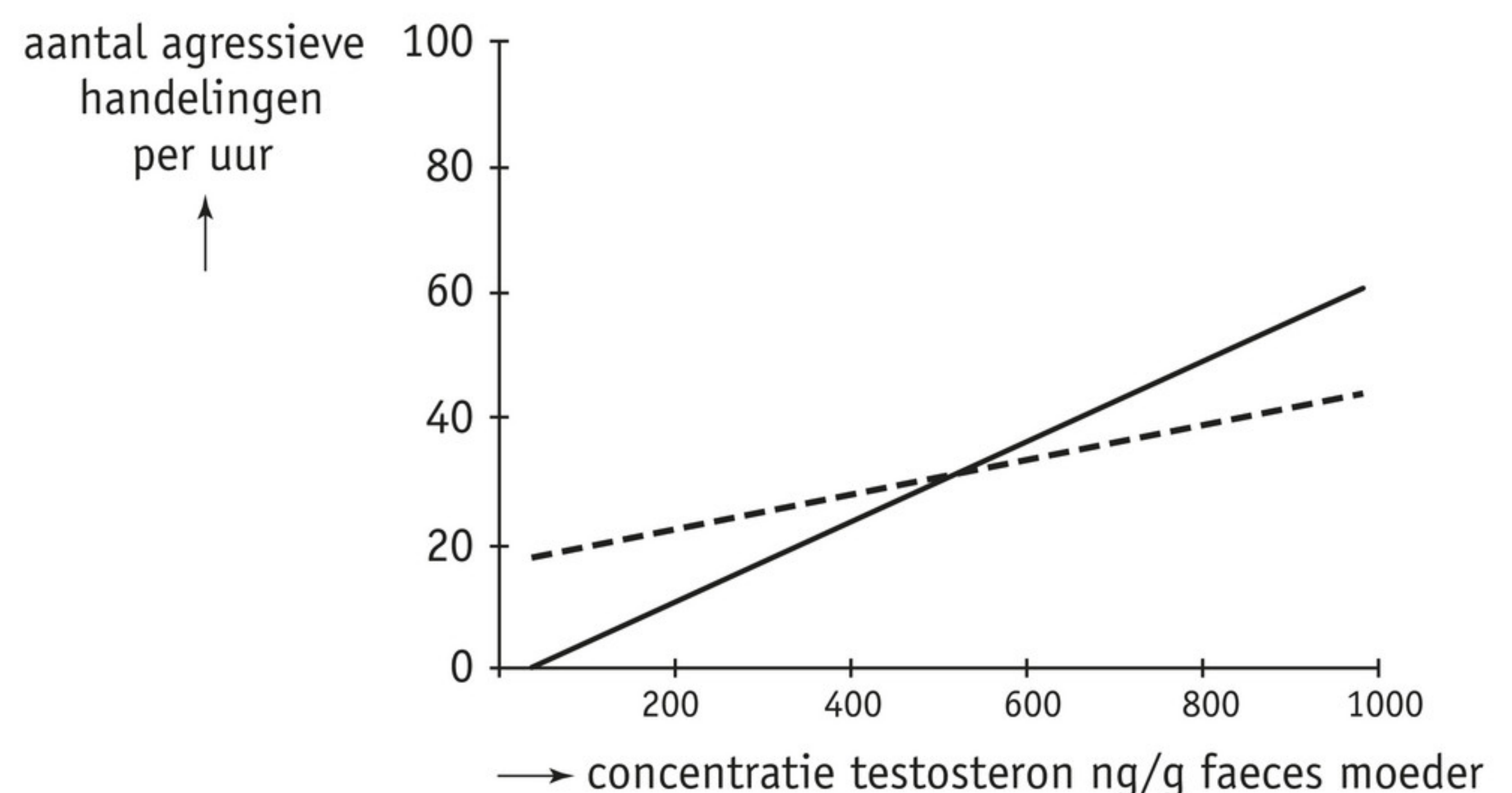
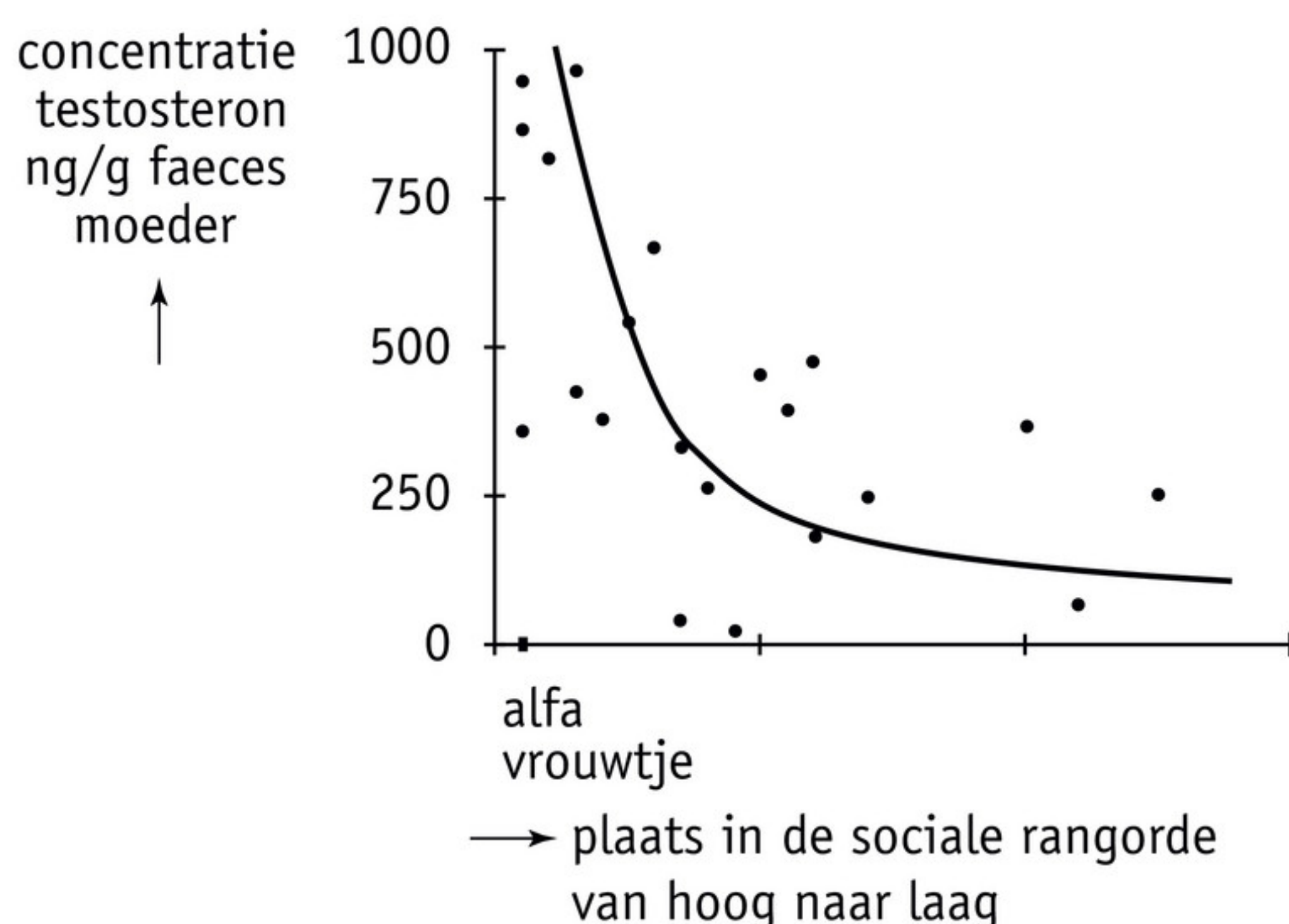
Agressieve hyena's produceren meer succesvolle nakomelingen doordat ze beter zijn in het vangen van prooidieren en het weggagen van voedselconcurrenten. Een nadeel van de hoge testosteronconcentratie bij vrouwtjes is dat de geslachtsorganen vermannelijken. Vrouwelijke hyena's hebben een verlengde clitoris die als penis naar buiten hangt. Hierdoor moet het mannetje bij het paren lastige capriolen uithalen en is de bevalling een onhandige aangelegenheid. Moeders met een hoge testosteronconcentratie tijdens de zwangerschap hebben jongen die in het nest vaak oefenen in het beklimmen van hun broertjes en zusjes. Hierdoor hebben zonen van het alfavrouwtje een voordeel bij het paren.

Om te meten of het gedrag van jongen met moeders met een hoge testosteronconcentratie in het bloed inderdaad door testosteron wordt beïnvloed, bepaalden onderzoekers de concentratie van dit hormoon in de uitwerpselen van zwangere hyenavrouwtjes. In afbeelding 2 zijn de testosteronconcentraties van de uitwerpselen (faeces) van hyenavrouwtjes tijdens hun draagtijd uitgezet tegen de plaats van het vrouwtje in de sociale rangorde. In afbeelding 2 wordt een relatie gelegd tussen het agressieve gedrag van de jongen en de testosteronconcentratie van de uitwerpselen van hun moeders.

▼ Afb. 1 Een clan gevlekte hyena's.



▼ Afb. 2 Dominante hyena baart agressieve dochters.



Legenda:

— jonge vrouwtjes

--- jonge mannetjes

opdrachten

- 1** Neem het schema over en noteer begrippen uit de tekst bij het passende organisatieniveau.

Organisatieniveau	Begrip
Biosfeer	
Ecosysteem	
Populatie	
Organisme	
Orgaan	
Cel	
Molecuul	

- 2** Testosteron is het mannelijke geslachtshormoon en speelt in verschillende levensfasen een belangrijke rol in gedrag en ontwikkeling.
- a** Geef twee voorbeelden uit de tekst waaruit blijkt hoe gedrag en/of lichamelijke kenmerken van hyenajongen door de testosteronconcentratie van hun moeder wordt beïnvloed.
 - b** Waardoor leidt een hoge testosteronconcentratie tot adequaat gedrag bij de gevlekte hyena?
 - c** Leg aan de hand van beide diagrammen uit dat de pups van alfavrouwtjes veel agressiever zijn dan de pups van laaggeplaatste vrouwtjes.
 - d** Zonen van alfavrouwtjes zouden door hun gedrag in het nest later voordeel hebben bij het paren.
Welke leerstrategie heeft hierbij een rol gespeeld?
 - e** Welk voordeel hebben hyenavrouwtjes door het samenleven in een clan?
 - f** Welk voordeel heeft de soort doordat hyenamannetjes de clan verlaten?

Practica

▼ Afb. 1

BIOLOGISCHE TECHNIEK		EEN ETHOGRAM MAKEN
Doel	Een ethogram is een lijst met objectieve beschrijvingen van de handelingen die bij een diersoort kunnen voorkomen.	
Werkwijze	Observeer de handelingen uit het gedragssysteem van enkele dieren die representatief zijn voor de soort. – Maak een tabel met drie kolommen: Handeling, Afkorting, Beschrijving. – Noteer in de eerste kolom een woord dat de handeling beschrijft. – Noteer in de tweede kolom een afkorting voor het gekozen woord. – Noteer in de derde kolom de objectieve beschrijving van het gedrag.	

▼ Afb. 2

BIOLOGISCHE TECHNIEK		EEN PROTOCOL MAKEN
Doel	Een protocol is een overzicht van de achtereenvolgens waargenomen handelingen van een dier gedurende een bepaalde periode. Aan de hand van een protocol kun je uitspraken doen over het gedrag van een dier.	
Werkwijze	Observeer gedurende een bepaalde tijd, bijvoorbeeld vijf minuten of een uur, het gedrag van een dier. – Maak een tabel met de tijden. – Noteer bij elk tijdstip de op dat moment voorkomende handeling. Gebruik daarbij de afkortingen uit het ethogram.	

practicumopdracht 1

MATERIAAL

- (eventueel) een spiegel
- een horloge, smartphone of stopwatch

De pupilreflex

►► BASISSTOF 2

De pupilreflex regelt de hoeveelheid licht die op het netvlies valt. In deze practicumopdracht ga je de werking van de pupilreflex onderzoeken.

METHODE

- Je kunt deze opdracht alleen uitvoeren of met zijn tweeën.
- Houd een minuut lang een hand voor een van je ogen. Haal dan je hand weg voor dit oog.
 - Als je alleen werkt, kijk je in de spiegel naar wat er gebeurt met de pupilgrootte van beide ogen direct na het wegnemen van je hand. Als je met zijn tweeën werkt, kijkt de ander wat er met de pupilgrootte gebeurt, direct na het wegnemen van je hand.

RESULTATEN

Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Welke veranderingen van de pupilgrootte heb je waargenomen?
- 2 Is de reflexboog van de pupilreflex voor beide ogen gescheiden of valt deze gedeeltelijk samen? Leg je antwoord uit.

practicumopdracht 2

MATERIAAL

- een koeienoog
- een bakje of petrischaal
- een scalpel (scherp mesje)
- een prepareernaald
- een pincet
- een horlogeglas
- een objectglas
- een schaar
- handschoenen
- een tissue
- een stuk papier met tekst

Ontleden van een koeienoog

BASISSTOF 2

De (inwendige en uitwendige) bouw van koeienogen komt in veel opzichten overeen met mensenogen. Maar er zijn ook enkele verschillen. In deze practicumopdracht leer je die verschillen herkennen en verklaren.

METHODE

Doe de handschoenen aan voor je met je werk begint.

Onderzoek eerst de uitwendige bouw van het koeienoog.

- Leg het oog in een bakje of petrischaal.
- Maak een schematische tekening van de voorzijde van het koeienoog.
- Benoem de onderdelen: bovenste en onderste ooglid, harde oogvlies, iris (met pupil), traanbuis en traanklier.
- Bekijk het oog nu van de achterzijde. Leg het oog zo neer dat de bovenkant van het oog naar boven ligt.
- Maak een schematische tekening van de achterzijde van het koeienoog.
- Benoem de onderdelen indien mogelijk: oogspieren, ooglidspier, oogzenuw en vetweefsel. Vaak zijn het vetweefsel rond het oog en de oogspieren verwijderd.
- Verwijder indien nodig het vet en de spieren die de oogbol omgeven, zonder de oogbol te beschadigen. Gebruik hiervoor een scalpel, schaar en pincet. Als het ‘wit van de ogen’ rood ziet, is dit niet het harde oogvlies zelf dat rood wordt. Het zijn de bloedvaten die in het dunne laagje bindweefsel rondom de oogbol liggen. Het harde oogvlies zelf heeft geen bloedvaten.

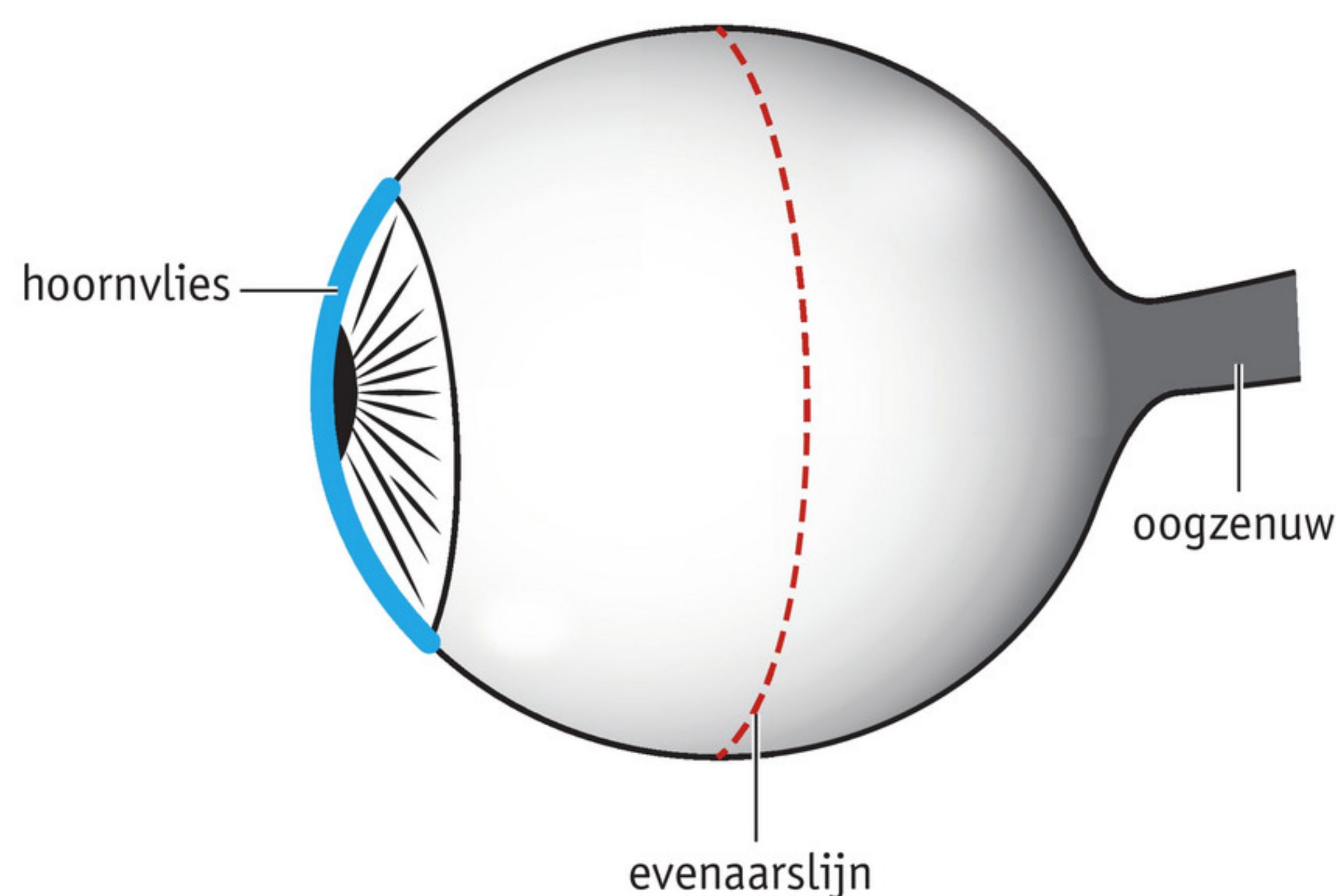
Beantwoord de volgende vragen.

- 1 Waar zit de oogzenuw: in het midden van het oog of ernaast?
- 2 Heb je een rechteroog of linkeroog gekregen? Leg je antwoord uit.

Onderzoek nu de inwendige bouw van het koeienoog.

- Het harde oogvlies is echt hard. Prik (voorzichtig) met een prepareernaald in het harde oogvlies.
- Snijd het harde oogvlies door over de evenaarslijn (zie afbeelding 3). Maak eerst voorzichtig een snede met behulp van het scalpel en werk dan verder met de schaar. Zorg ervoor dat je het glasachtig lichaam niet beschadigt.
- Tijdens het snijwerk komen het doorzichtige glasachtig lichaam en de lens los. Verwijder ze voorzichtig uit de twee ‘kommetjes’ die ontstaan. Leg ze op een horlogeglas.

► **Afb. 3** Een oog (schematisch).



- In het kommetje met de oogzenuw ligt een doorzichtig vlies uitgespreid: het netvlies. Daaronder zie je het vaatvlies als een zwarte, glanzende laag. Het vaatvlies is zwart aan de kant van het harde oogvlies. Pel dit voorzichtig af.
- Tussen het netvlies en het vaatvlies zit bij koeien (ook bij bijvoorbeeld herten en katten) een blauw gekleurde spiegelende laag: het *tapetum lucidum*. Maak een schematische tekening van de binnenzijde van de achterste ooghelft.
- Benoem de onderdelen: netvlies, vaatvlies en *tapetum lucidum*.
- In het kommetje met het hoornvlies zie je (als het oog vers is) dat het vaatvlies vooraan vrijkomt van het harde oogvlies en overgaat in twee structuren:
 - naar binnen toe het zwarte straalvormige lichaam;
 - naar buiten toe het gepigmenteerde regenboogvlies (iris) met een ellipsvormige pupil.
- Bekijk nu de doorzichtige delen die op het horlogeglas liggen. Het grootste en slapste deel is het glasachtig lichaam en het kleinste deel is de lens. Haal ze zorgvuldig los van elkaar. Soms zitten nog resten van het straalvormig lichaam en de lensbandjes vast aan de ooglenzen. Bij een vers oog kun je de lens vastpakken met een pincet.
- Leg de ooglenzen op een objectglas en leg deze op een stuk papier met tekst.

RESULTATEN

- twee schematische tekeningen van de uitwendige bouw van het oog
- een schematische tekening van de inwendige bouw van het oog (binnenzijde van de achterste ooghelft)

Beantwoord de volgende vragen.

- 3** Wat is de functie van de zwarte, glanzende laag in het vaatvlies?
- 4** Het *tapetum lucidum* kaatst licht terug.
Wat kun je afleiden uit het feit dat koeien een *tapetum lucidum* hebben?
- 5** Een koe heeft een ellipsvormige pupil, de mens heeft een ronde pupil.
Hoe kun je dit verschil verklaren? Denk daarbij ook aan de stand van de ogen van een koe en van een mens.
- 6** Hoe zie je de letters als je de lens op een stuk papier met tekst legt? Leg je antwoord uit en betrek hierbij de vorm van de lens.

practicumopdracht 3

MATERIAAL

- schrijfmateriaal (papier en potlood)
- een klembord
- een stopwatch (of horloge met secondeaanduiding)
- een verrekijker

Beschrijvend ethologisch onderzoek

» BASISSTOF 3

In deze practicumopdracht voer je in tweetallen een gedragsonderzoek uit. Je kunt het gedrag van een huisdier of een dier in een dierentuin of boerderij onderzoeken. Je kunt ook gebruikmaken van een film. Overleg met je docent welk dier je gaat onderzoeken en waar je waarnemingen gaat doen.

ONDERZOEKSVRAAG

Formuleer een onderzoeksvraag die je wilt beantwoorden. Bijvoorbeeld: ‘Komen de handelingen van het voedingsgedrag van het dier altijd in een vaste volgorde voor?’

METHODE

- Bestudeer het dier dat je wilt onderzoeken en maak een ethogram van de handelingen die je waarneemt.
- Bestudeer het gedrag van het dier dat je wilt onderzoeken en maak een protocol van het waargenomen gedrag.
- Verdeel de taken:
 - de ene leerling geeft telkens aan wanneer de tijd (bijvoorbeeld vijf of dertig seconden) om is;
 - de andere leerling noteert de afkortingen van deze handelingen.

RESULTATEN

een ethogram en een protocol

CONCLUSIE

Beantwoord de volgende vraag.

- 1 Welke conclusie(s) kun je trekken?

DISCUSSIE

Beantwoord de volgende vragen en maak een verslag. Verwerk de resultaten en de vragen in je verslag.

- 2 Op welke wijze zou het onderzoek nauwkeuriger kunnen worden uitgevoerd?
- 3 Wat ging er goed? Wat kan een volgende keer beter?

Samenvatting

LEERDOEL 1 ►► BASISSTOF 1

Je kunt de werking van zintuigen beschrijven en de relatie van het zintuigstelsel met het zenuwstelsel beschrijven.

- Zintuigen ontvangen externe en interne prikkels.
- In zintuigcellen (receptoren) ontstaan onder invloed van prikkels impulsen.
 - Mechanische receptoren reageren bijv. op aanrakingen en geluid.
 - Chemische receptoren binden bepaalde moleculen uit de omgeving.
- Zintuigen hebben een prikkel drempel die moet worden overschreden om een impuls te kunnen veroorzaken.
 - Adequate prikkel: de soort prikkel waarvoor de prikkel drempel van een zintuigcel het laagst is.
 - Adaptatie (gewenning): aanpassing van de gevoeligheid van een zintuig bij een aanhoudende prikkelsterkte.

LEERDOEL 2 ►► BASISSTOF 2

Je kunt de delen van een oog beschrijven en hun functie toelichten.

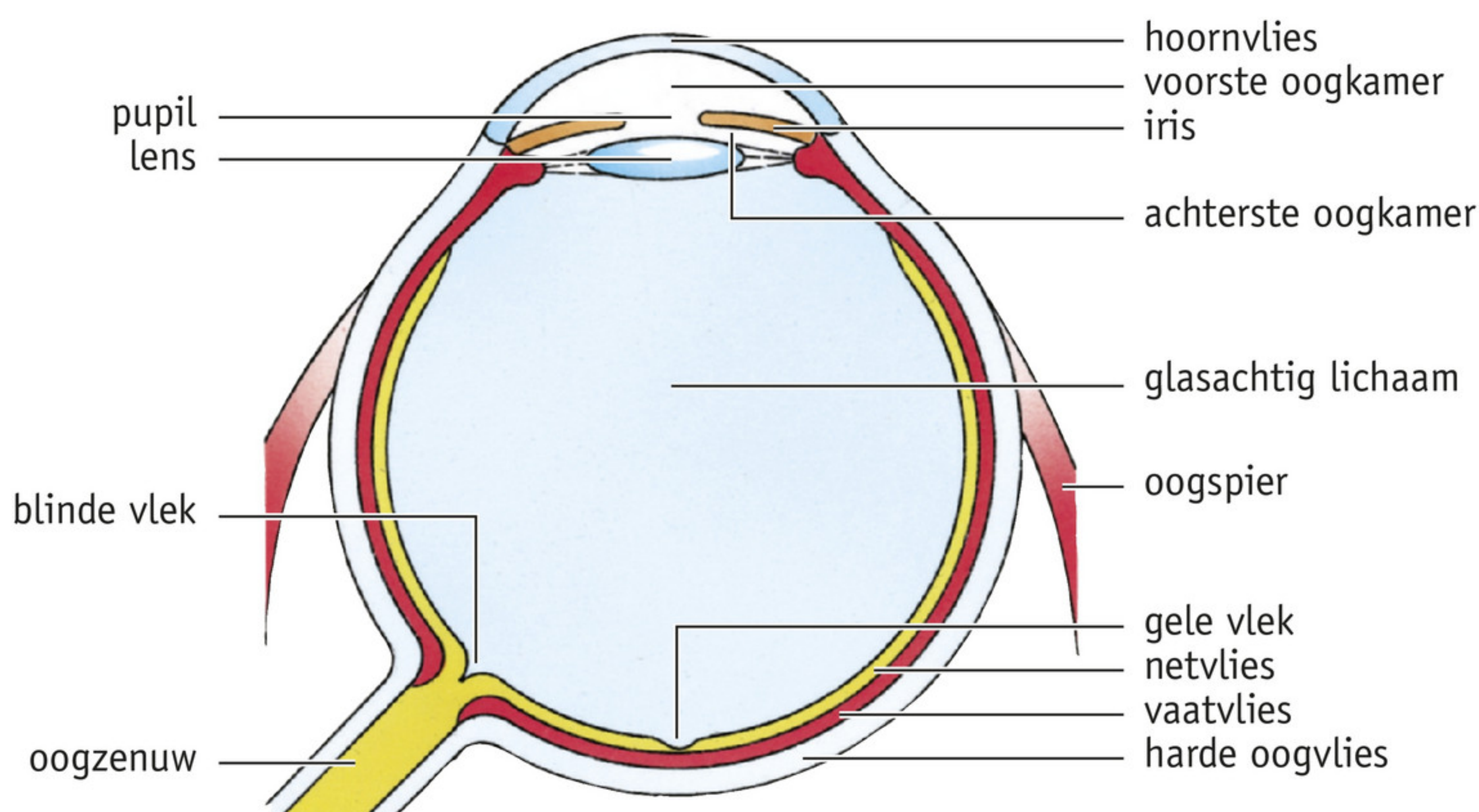
- Harde oogvlies (wit): stevig vlies, geeft bescherming.
- Hoornvlies (doorzichtig): de voortzetting van het harde oogvlies aan de voorzijde.
- Iris (regenboogvlies): gekleurde deel (pigment) van het oog.
 - Pupil: opening in de iris.
- Vaatvlies: bevat veel bloedvaten; zorgt voor de voeding van een groot deel van het oog.
- Netvlies: binnenste laag van de wand van een oog met lichtreceptoren.
- Gele vlek: plaats in het centrum van het netvlies.

- Blinde vlek: plaats in het netvlies waar de oogzenuw het oog verlaat en de doorgang voor bloedvaten.
- Glasachtig lichaam (geleiachtig): houdt het netvlies op zijn plaats.
- Ooglens: bolle lens achter de iris en de pupil.

LEERDOEL 3 ►► BASISSTOF 2

Je kunt de beeldvorming door ooglenzen beschrijven en de pupilreflex toelichten.

- Het hoornvlies, de ooglens en het straalvormig lichaam zorgen ervoor dat een scherp beeld op het netvlies ontstaat.
 - Lichtstralen die een oog binnenvallen, worden gebroken door het hoornvlies en de ooglens.
 - Straalvormig lichaam: hierin liggen de accommodatiespieren (kringspieren).
 - De lenzen hangen met behulp van lensbandjes in de straalvormige lichamen.
- Accommoderen: de vorm (boller of platter) van de ooglenzen wordt aangepast aan de afstand waarop een voorwerp zich bevindt.
- Op het netvlies wordt een omgekeerd, verkleind beeld gevormd.
 - In de gezichtscentra in de grote hersenen wordt het beeld waargenomen.
- Bij lenzen wordt de ligging van het brandpunt (F) bepaald door de vorm van de lens.
 - Negatieve (holle) lenzen spreiden (divergeren) het licht.
 - Positieve (bolle) lenzen bundelen (convergeren) het licht.
 - Hoe boller een lens, hoe kleiner de brandpuntsafstand (f).
 - Bij een bolle lens met een vaste brandpuntsafstand wordt de beeldafstand (b) kleiner naarmate de voorwerpsafstand (v) groter wordt.



- Bijziendheid: voorwerpen van dichtbij kun je scherp waarnemen, voorwerpen van veraf niet.
- Verziendheid: voorwerpen van veraf kun je scherp waarnemen, voorwerpen van dichtbij niet.
- De pupilreflex beschermt lichtreceptoren in het netvlies tegen een te hoge lichtintensiteit.
 - Kringspieren en straalsgewijs lopende spieren in de iris bepalen de pupilgrootte.

LEERDOEL 4 ►► BASISSTOF 2

Je kunt de bouw en werking van het netvlies beschrijven en toelichten hoe je diepte kunt zien.

- Het netvlies bestaat uit drie lagen:
 - een laag zenuwcellen: geleiden impulsen naar het centrale zenuwstelsel;
 - een laag lichtreceptoren (staafjes en kegeltjes): hierin ontstaan impulsen;
 - een laag pigmentcellen: absorberen licht en beschermen hiermee zintuigcellen.
- In de gele vlek wordt het scherpste beeld waargenomen.
- Staafjes en kegeltjes bevatten lichtgevoelige pigmenten.
- Met staafjes kun je alleen contrasten waarnemen.
 - Meerdere staafjes zijn op één zenuwcel aangesloten.
 - Staafjes zijn gevoelig voor verschillende kleuren licht, maar vrijwel ongevoelig voor rood licht.
- Met kegeltjes kun je kleuren en details waarnemen.
 - Er zijn drie typen kegeltjes die gevoelig zijn voor rood, groen of blauw licht.
 - De impulsen van elk kegeltje worden apart doorgegeven aan één zenuwcel.
- Diepte zien (stereoscopie):
 - Optisch chiasma: de oogzenuwen kruisen elkaar gedeeltelijk.
 - Door de vergelijking van de beelden van beide ogen in de gezichtscentra kun je diepte waarnemen.

LEERDOEL 5 ►► BASISSTOF 3

Je kunt toelichten wat gedrag is en hoe gedrag is ingedeeld.

- Gedrag: alle waarneembare activiteiten van een dier of een mens.
- Adequaat gedrag: de overlevingskansen en fitness van een dier worden vergroot wanneer het gedrag goed is aangepast aan de omstandigheden.

- Gedrag is opgebouwd uit opeenvolgende handelingen (gedragselementen).
- Een handeling is een respons (reactie) op prikkels.
 - Gedragssysteem: handelingen met een gemeenschappelijk doel.
 - Gedragsketen: als het effect van de ene handeling leidt tot een volgende handeling.

LEERDOEL 6 ►► BASISSTOF 3

Je kunt omschrijven wat ethologie inhoudt, hoe je gedrag kunt bestuderen en de invloed van gedragsonderzoek op de maatschappij toelichten.

- Ethologie: de studie van het gedrag.
 - Gedrag wordt bestudeerd door het op te splitsen in afzonderlijke handelingen.
 - Ethogram: een objectieve beschrijving van de handelingen van een diersoort.
 - Protocol: een lijst van achtereenvolgens waargenomen handelingen van een dier.

LEERDOEL 7 ►► BASISSTOF 4

Je kunt toelichten dat gedrag deels erfelijk is bepaald.

- Gedrag wordt bepaald door prikkels, erfelijke eigenschappen, aangeleerde eigenschappen (ervaring), fysiologie, anatomie en de ontwikkelingsfase.
- Sleutel prikkel: prikkel die een doorslaggevende rol speelt bij het ontstaan van bepaald gedrag.
 - De respons op een sleutel prikkel is gebaseerd op erfelijke informatie en is voorspelbaar.
- Supranormale prikkel: prikkel die een grotere kans op respons heeft dan de sleutel prikkel.
- Erfelijk bepaald gedrag zorgt voor een snelle, vaste reactie op prikkels, waardoor de overlevingskansen kan toenemen.

LEERDOEL 8 ►► BASISSTOF 4

Je kunt de dynamische relatie beschrijven tussen een organisme en zijn omgeving.

- Gedrag ontstaat door interactie met de omgeving.
 - Interne prikkels en externe prikkels bepalen de motivatie.
- Motivatie (drang) is de bereidheid om een bepaald gedragssysteem uit te voeren.
- Periodieke schommelingen in het interne of externe milieu hebben invloed op het gedrag.
 - Veranderingen in het interne milieu volgen een biologische klok.

LEERDOEL 9 ►► BASISSTOF 5

Je kunt leerprocessen herkennen en beschrijven en de functie van leren uitleggen.

- Leren: een duurzame gedragsverandering onder invloed van externe prikkels.
- Inprenting: vastleggen van een leerervaring gedurende een korte gevoelige periode.
- Gewenning: een bepaalde reactie op een prikkel wordt afgeleerd bij herhaling van die prikkel.
- Conditionering: een bepaald gedrag wordt geleerd door 'beloning' of 'straf'.
- Proefondervindelijk leren (trial and error):
 - conditionering onder natuurlijke omstandigheden.
 - Geconditioneerde reflex: een kunstmatige prikkel veroorzaakt een bepaald gedrag dat oorspronkelijk door een natuurlijke prikkel werd veroorzaakt (Pavlov-reactie).
 - In de Skinner-box wordt de respons van een dier op beloning onderzocht.
- Imitatie (nabootsing): leren door het gedrag van soortgenoten na te doen.
- Inzicht: in een onbekende situatie wordt de oplossing van een probleem gevonden door ervaringen op een andere wijze te combineren.

LEERDOEL 10 ►► BASISSTOF 6

Je kunt de functie van verschillende vormen van sociaal gedrag uitleggen en het verband aangeven met overlevingskansen.

- Sociaal gedrag: gedrag van soortgenoten ten opzichte van elkaar.
- Signaal: handeling bij sociaal gedrag die als prikkel werkt voor de (volgende) handeling van een soortgenoot.
- Samenleven in een groep kan de kans op overleven vergroten.
- Balts: baltsgedrag dat aan de paring voorafgaat en de voortplantingsdrang vergroot.
- Territoriumgedrag: gedrag met als doel een territorium afbakenen en verdedigen.
 - Veel dieren vertonen op de grens van het territorium dreiggedrag.
- Conflictgedrag: gedrag dat ontstaat bij even sterke motivatie voor twee gedragssystemen.
 - Overspronggedrag: vorm van conflictgedrag met een signaalfunctie.
- Rangorde: volgorde binnen een groep dieren van dominant naar minst dominant.
 - Imponeergedrag: gedrag waarbij een dier zich zo groot en indrukwekkend mogelijk maakt.
 - Verzoeningsgedrag: gedrag van een ondergeschikt dier ten opzichte van een dominante soortgenoot.
- Staten: grote populatie insecten met een sterke taakverdeling, bijv. bijen.

COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt de volgende vaardigheden geoefend:

- doelgericht zoeken, beoordelen en verwerken van informatie;
- analyseren welke rol ethologie heeft in beroepen en de dagelijkse praktijk;
- toepassen van verschillende fasen van natuurwetenschappelijk onderzoek;
- uitvoeren en presenteren van een natuurwetenschappelijk onderzoek;
- verzamelen, bewerken, overzichtelijk weergeven en analyseren van data;
- verklaren van mogelijkheden om te kunnen waarnemen op het niveau van organismen met behulp van evolutiemechanismen (evolutionair denken);
- verklaren van gedrag op het niveau van organismen en populaties met behulp van evolutiemechanismen (evolutionair denken);
- met elkaar in verband brengen van het zenuwstelsel en het zintuigstelsel op de niveaus van cellen, weefsels, organen en organismen (systeemdenken);
- met elkaar in verband brengen van vormen van gedrag en overlevingskansen op de niveaus van organismen en populaties (systeemdenken).

Examentrainer

HOE ONTSTAAN PRETOOGJES?

Bron: examen havo 2016-1, vraag 17, 18, 19 en 21.

Renske vindt het leuk als een man pretoogjes heeft. Ze vraagt zich af hoe die pretoogjes ontstaan. 'Gebeurt er echt iets in het oog?'

Tjeerd de Faber, kinderoogarts van het Oogziekenhuis Rotterdam, legt uit: 'Je hebt drie dingen nodig voor pretoogjes: een kleine lidspleet (de ruimte tussen het bovenste en onderste ooglid), een wijde pupil en ophoping van traanvocht.

► Afb. 1



Als je pret hebt, wordt de lidspleet kleiner doordat je de oogleden naar elkaar toetrekt. Normaal is de ruimte tussen de oogleden rond de tien millimeter. Bij pret verkleint die ruimte tot zo'n zeven millimeter. De pupilgrootte wisselt voortdurend. Vrouwen gebruikten in de negentiende eeuw al het plantaardige middel atropine om hun pupillen groter te maken. Dan de derde factor: door het samenknijpen van de oogleden ontstaat er een ophoping van traanvocht.'

Bij pretoogjes speelt de pupilgrootte een belangrijke rol. Door het druppelen van de stof atropine in de ogen wordt de pupil groter.

- 2p 1 Van welke spieren remt atropine de samentrekking waardoor de pupil groter wordt?
- A van de accommodatiespieren in de ogen
 - B van de kringsspieren in de iris
 - C van de oogspieren
 - D van de straalsgewijs lopende spieren in de iris

De pretoogjes kenmerken zich door een twinkeling in de ogen.

- 2p 2 Waardoor ontstaat deze twinkeling in de ogen?
- A Door lichtstralen die vanuit de ooglenzen via de wijde pupil worden uitgezonden.
 - B Door lichtstralen die vanuit het netvlies via het traanvocht worden uitgezonden.
 - C Door reflectie door het glasachtig lichaam waarbij de lichtstralen het oog verlaten via de wijde pupil.
 - D Door reflectie van lichtstralen door het traanvocht en het hoornvlies.

Pretoogjes ontstaan als reactie op een plezierige waarneming, bijvoorbeeld als iemand iets grappigs ziet. Diverse cellen worden dan geactiveerd. Voorbeelden van celtypen en celonderdelen zijn:

- 1 kegeltjes
 - 2 uitlopers van motorische zenuwcellen
 - 3 opperhuidcellen van het ooglid
 - 4 schakelcellen
 - 5 uitlopers in een sensorische zenuw
 - 6 spiercellen
- 2p 3 Welke van deze worden dan geactiveerd en in welke volgorde?
- A 1 – 2 – 4 – 5 – 6
 - B 1 – 5 – 4 – 2 – 6
 - C 3 – 2 – 4 – 5 – 6
 - D 3 – 5 – 4 – 2 – 6

De osmotische waarde van het traanvocht is gelijk aan die van de cellen in het hoornvlies en in het harde oogvlies.

- 2p 4 De lenswerking van het hoornvlies wordt verstoord als de osmotische waarde van het traanvocht afneemt. Verklaar de verstoorde werking van de lens.

ANDRÉ KUIPERS

Naar: examen 2016-2, vraag 1, 3 en 4.

De Nederlandse astronaut André Kuipers nam deel aan twee ruimtemissies. In 2011 verbleef hij 193 dagen in het ruimtestation ISS. Bij aankomst terug op aarde had zijn lichaam tijd nodig om te herstellen.

Ruimtereizen zijn een flinke aanslag op het lichaam van een astronaut. Vooral de gewichtloosheid speelt daarin een grote rol. Normaal pompt het hart het bloed tegen de zwaartekracht in naar het hoofd, terwijl door diezelfde zwaartekracht de bloedstroom naar de buik en de benen juist iets gemakkelijker verloopt. Bij gewichtloosheid komt hierin verandering, waardoor de bloeddruk in de benen lager is dan normaal, en in het hoofd juist hoger is dan normaal. Het lichaam ervaart de verhoogde bloeddruk in het hoofd als een vochtoverschot, waardoor de urineproductie in de nieren wordt verhoogd.

Nadat gewichtloosheid is ingetreden, vindt er een verandering in de hormoonproductie plaats waardoor de urineproductie wordt verhoogd.

- 2p 5 Van welk hormoon verandert dan de productie? En wordt de concentratie van dit hormoon in het bloed hoger of juist lager? Verklaar je antwoord.

Tijdens zijn ruimereis is bij André Kuipers een echo van het oog gemaakt om te onderzoeken hoe de oogzenuw verandert tijdens gewichtloosheid. De aanleiding voor het onderzoek bij André Kuipers is dat bij een aantal van zijn collega's die langdurig in de ruimte verbleven, het gezichtsvermogen was afgenomen. Tijdens ruimtereizen ontstaat er door de verhoogde bloeddruk in het hoofd meer hersenvocht. Dit veroorzaakt bij sommige astronauten een zwelling van de oogzenuw waardoor deze de achterkant van de oogbol mogelijk platdrukt. MRI-scans lieten zien dat bij een kwart van de astronauten de achterkant van de oogbol inderdaad was afgeplat.

- 2p 6 Welke oogafwijking zal het gevolg zijn van de vormverandering van de oogbol? En welke lenzen kunnen deze afwijking verhelpen?

<i>afwijking</i>	<i>lenzen</i>
A bijziendheid	negatieve
B bijziendheid	positieve
C verziendheid	negatieve
D verziendheid	positieve

Ook de zwelling van de oogzenuw zelf draagt mogelijk bij aan het verminderd gezichtsvermogen bij de astronauten.

- 2p 7 Welk proces in de oogzenuw wordt verstoord door de zwelling waardoor het gezichtsvermogen mogelijk afneemt?
- A impulsgeleiding in een motorische zenuw (bewegingszenuwen)
 - B impulsgeleiding in een sensorische zenuw (gevoelszenuwen)
 - C impulsoverdracht in een motorische zenuw (bewegingszenuwen)
 - D impulsoverdracht in een sensorische zenuw (gevoelszenuwen)

MET HET ZICHT OP WETENSCHAP

Bron: examen havo 2015-2, vraag 37, 38 en 39.

Wetenschappers zijn al jaren op zoek naar 'recepten' waarmee ze de celdifferentiatie van stamcellen kunnen sturen. Onlangs hebben ze uit stamcellen een menselijk netvlies gekweekt, waarmee in de toekomst mogelijk oogpatiënten kunnen worden geholpen.

Het netvlies is een gecompliceerd deel van het oog: het bestaat uit meer lagen van verschillende celtypen. Om deze gelaagde opbouw kunstmatig te verkrijgen, hebben de onderzoekers de stamcellen ondergedompeld in

een miniaturbad. Ze konden daarin de stoffen die de differentiatie sturen op microscopisch kleine afstanden inbrengen, zodat verschillende cellagen zich tot specifieke celtypen zouden kunnen ontwikkelen. Deze techniek is gebaseerd op de kennis van de ontwikkeling van het oog bij een embryo.

- 2p 9 Noteer drie verschillende celtypen die tijdens de embryonale ontwikkeling uit de stamcellen in het netvlies ontstaan.

▼ Afb. 2



Het uit stamcellen gekweekte netvlies kan een uitkomst zijn voor mensen met retinitis pigmentosa (RP), een oogziekte waaraan miljoenen mensen lijden en die uiteindelijk blindheid tot gevolg heeft. RP is een erfelijke oogaandoening. Iemand met RP kan niet goed in het donker zien. In het begin neemt het zicht aan de randen van het gezichtsveld af. Het zicht beperkt zich steeds meer tot het midden van het gezichtsveld en leidt tot kokerzien (afbeelding 2). Daarnaast is er bij RP kans op staar.

- 2p 10 Welk type zintuigcellen verliezen hun werking bij RP? Leg je antwoord uit aan de hand van een symptoom van RP.

Bij staar kan de ooglens vervangen worden door een kunstlens. Nadeel is dat met een kunstlens het oog niet meer kan accommoderen zoals bij een gezond oog.

- 2p 11 Wat betekent dit voor het gezichtsvermogen van de patiënt?
- A Het regelen van de lichtintensiteit kan niet worden uitgevoerd, maar het scherpstellen van het beeld op het netvlies wel.
 - B Het regelen van de lichtintensiteit kan wel worden uitgevoerd, maar het scherpstellen van het beeld op het netvlies niet.
 - C Zowel het regelen van de lichtintensiteit als het scherpstellen van het beeld op het netvlies kan niet plaatsvinden.

7

Ecologie en milieu

De snelweg A4 tussen Delft en Schiedam is zo aangelegd dat een natuurgebied gespaard bleef. Bij veel landinrichtingsplannen krijgt de overheid advies van ecologen. Zij bestuderen de relaties tussen organismen en hun milieu. Met dat milieu zijn we niet altijd zorgvuldig omgegaan. Daardoor is veel natuur beschadigd of verdwenen en is ons milieu verontreinigd geraakt. Milieukundigen onderzoeken manieren en technologieën om de milieuproblemen op te lossen.

ONTDEKKEN	
Mag de wolf terugkeren in Nederland?	122
BASISSTOF	
1 Organismen	124
2 Populaties	130
3 Ecosystemen	136
4 Veranderende ecosystemen	146
5 Duurzaamheid en natuurbescherming	152
6 Kringlopen	157
7 Voedselproductie	163
8 Energie	170
SAMENHANG	
Vissen aan de pil	175
PRACTICA	177
SAMENVATTING	181
EXAMENTRAINER	185







Mag de wolf terugkeren in Nederland?

►► BASISSTOF 5 EN 6

In maart 2015 wandelde een wolf vier dagen lang door de provincie Drenthe. Dit was de eerste wolf in honderdvijftig jaar die Nederland bezocht. In de toekomst zullen zich weer wolven in Nederland gaan vestigen. En misschien wel sneller dan je denkt!

Bijna iedereen vindt de wolf een prachtig dier. Komt de wolf weer terug in Nederland, dan is er weer echte wilde natuur in Nederland. En dat wil toch iedereen? Nee dus. Want als de wolf in de buurt van mensen komt, ontstaan er conflicten. Zo zijn mensen bang voor hun schapen en honden. En ook mensen die zelf niet bang zijn voor de wolf, denken dat anderen uit angst voorzichtiger zullen zijn. Bijvoorbeeld om met hun kinderen of hond de natuur in te trekken. Ook zijn ze bang dat andere dieren, zoals reeën of weidevogels, last zullen hebben van de wolf.

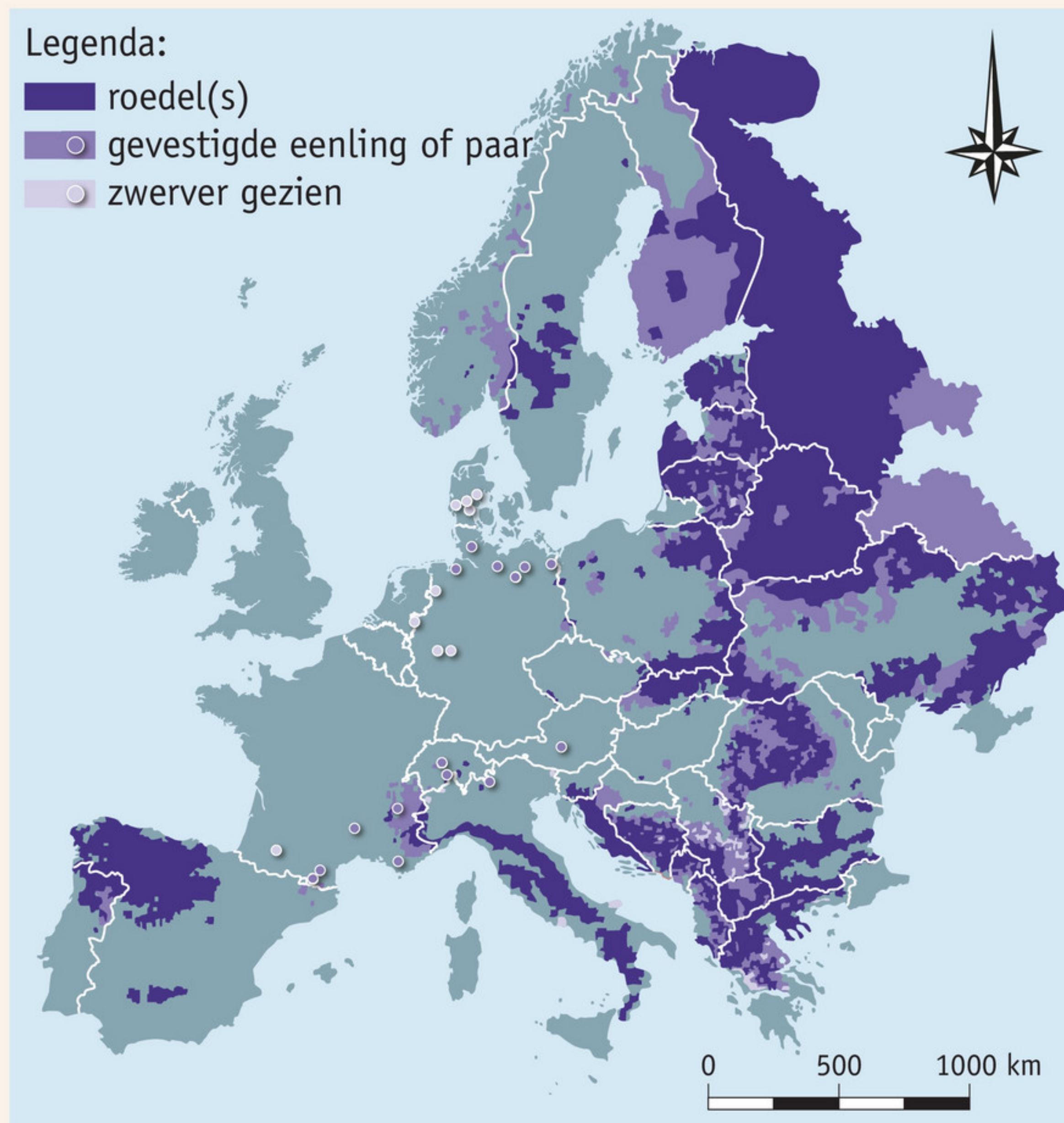
Mocht er inderdaad een keer een wolf een schaap te pakken krijgen, dan zullen veel mensen dat aangrijpen om de jacht op de wolf te openen. Hoewel ... jagen op wolven is vanuit Brussel verboden. Lastig dus. Die terugkerende wolf

‘De wolf zou weleens kunnen zorgen voor een flinke strijd.’

zou weleens kunnen zorgen voor een flinke strijd tussen traditionele en moderne natuurbeschermers. En tussen stedelingen en plattelandsbewoners. Het is dus nog maar de vraag of Nederland de wolf écht welkom heet. Gaan de verschillende opvattingen over hoe om te gaan met dit beest niet zorgen voor grote ruzies? Die kans zit er dik in. Maar of de wolf zich daar iets van aantrekt?

Naar: *Trouw*, 12 september 2011, Zitten we eigenlijk wel op de wolf te wachten?

▼ **Afb. 1** Verspreiding van de wolf in Europa (gegevens 2013).



opdrachten

Een praatprogramma op televisie maakt een uitzending over de vraag: ‘Mag de wolf terugkeren in Nederland?’ In het programma vindt een discussie plaats tussen vier gasten:

- een vertegenwoordiger van de provincie Drenthe;
- een schapenboer uit de Drentse plaats Rolde;
- een medewerker van het regiokantoor Natuurmonumenten in Assen;
- een ouder van twee schoolgaande kinderen uit het Drentse dorp Noord-Sleen.

Jij bent een van de vier genodigden. Je bent gebeld door een redacteur van het programma, die je wat vragen heeft voorgelegd. Deze zullen tijdens de uitzending worden besproken. Natuurlijk wil je goed voorbereid in de studio verschijnen. Daarom doe je onderzoek naar de wolf en naar de vragen die je hebt gekregen.

- 1** Maak een spiekbriefje van maximaal 250 woorden dat je kunt meenemen naar de studio.

De vragen die je van de redacteur hebt gekregen zijn de volgende:

De vertegenwoordiger van de provincie Drenthe:

- Heeft de komst van de wolf invloed op de draagkracht van de populatie reeën in Nederland?
- Is de wolf een inheemse of een uitheemse soort?

De schapenboer uit de Drentse plaats Rolde:

- Als de wolf in Nederland komt, zal hij meedoen met de voedselketen. Welke populaties zal de wolf zien als voedselbron en is de wolf ook een voedselbron in de voedselketen?

- Welke inheemse soorten zullen de concurrentie moeten aangaan met de wolf?

De medewerker van het regiokantoor Natuurmonumenten in Assen:

- Zal de wolf invloed hebben op bepaalde populatiegrootten? Zo ja, van welke populaties?
- Zal de wolf invloed hebben op de draagkracht van bepaalde populaties?

De ouder van twee schoolgaande kinderen uit het Drentse dorp Noord-Sleen:

- Wat is het voornaamste voedsel van de wolf?
- Welke voedselrelatie bestaat er tussen de wolf en de mens?

Waarom mag de wolf van jou (niet) terugkeren in Nederland? Ga op zoek naar achtergronden om je standpunt te onderbouwen. Gebruik het standpunt en de volgende woorden die voor jou als gast gelden:

- Vertegenwoordiger van de provincie Drenthe: voor (natuurtoerisme, evenwicht).
- Schapenboer uit de Drentse plaats Rolde: tegen (migratie, voedselketen).
- Medewerker regiokantoor Natuurmonumenten: voor (biodiversiteit, populatiegroei).
- Ouder van twee schoolgaande kinderen: tegen (verkeersveiligheid, predator).

- 2** Vul je spiekbriefje voor het praatprogramma aan met een onderbouwing van jouw standpunt in maximaal 100 woorden.

Het programma opent als volgt: ‘Welkom bij ons praatprogramma! Vorige week werd er in de provincie Drenthe een wolf gesignaleerd. Voorstanders staan te juichen, tegenstanders houden hun hart vast. Mag de wolf terugkeren in Nederland? Aan tafel zitten vier gasten, zij zullen ons hun mening geven.’

- 3** Mag de wolf terugkeren in Nederland? Ga met elkaar in discussie. Gebruik de informatie en de argumenten van je spiekbriefje.

Na de uitzending willen de makers van het programma jullie advies op hun website plaatsen.

- 4** Schrijf een advies over de terugkeer van de wolf (maximaal één A4'tje).

Betrek in jullie advies alle vier de standpunten.

Gebruik de volgende woorden: *concurrentie* – *evenwicht* – *inheems* – *populatiegrootte* – *uitheems*.

Leerdoelen

- Je kunt biotische en abiotische factoren binnen een ecosysteem benoemen.
- Je kunt de invloed van de belangrijkste abiotische factoren op organismen beschrijven.
- Je kunt veranderingen van abiotische en biotische factoren beschrijven.

1 Organismen

Toen geneticus Craig Venter aan het begin van deze eeuw de wereldzeeën overtrok, was hij op zoek naar nieuwe soorten bacteriën. Alleen al in de Sargassozee vond hij er 148. Zodra bekend is welke soorten organismen in een gebied voorkomen, kan de ecooloog aan het werk.

ORGANISMEN EN HUN MILIEU

Ecologie is de wetenschap waarbij de wisselwerking tussen organismen en hun omgeving wordt bestudeerd. Ecologisch onderzoek vindt plaats op verschillende organisatieniveaus: van molecuul, cel en organisme tot populatie, ecosysteem en uiteindelijk de gehele **biosfeer**.

In afbeelding 1.1 zie je een organisme: de watervlo. Een groep organismen van dezelfde soort in een bepaald gebied die zich onderling voortplanten, heet een populatie (zie afbeelding 1.2). Alle populaties in een bepaald gebied samen noem je een **levensgemeenschap**.

De organismen van een levensgemeenschap en de invloed die ze op hun omgeving uitoefenen, noem je **biotische factoren**. Daarnaast zijn er **abiotische factoren**. Dat zijn invloeden vanuit de levenloze omgeving, zoals temperatuur, stroomsnelheid, troebelheid van het water en hoeveelheid zuurstof. De gezamenlijke abiotische factoren van een bepaald gebied noem je de **biotoop**.

Levensgemeenschap en biotoop vormen samen een ecosysteem (zie afbeelding 1.3). Een **ecosysteem** is een min of meer begrensd gebied waarin een wisselwerking plaatsvindt tussen verschillende biotische en abiotische factoren. Het kan een meer zijn of een sloot, maar ook een stuk bos of heide of zelfs een aquarium met vissen en waterplanten.

▼ **Afb. 1** Ecologisch onderzoek vindt plaats op verschillende organisatieniveaus.



1 organisme



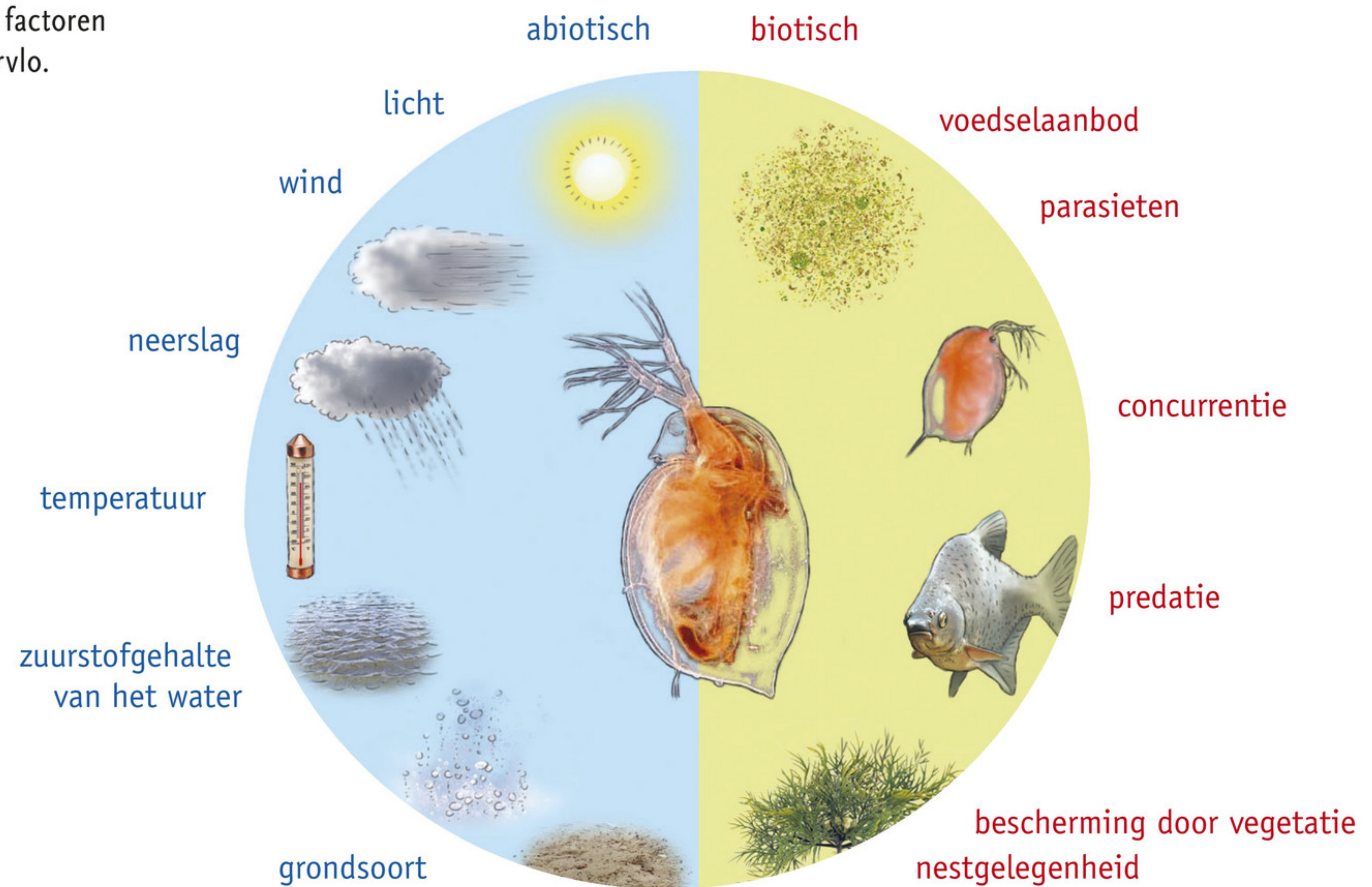
2 populatie



3 ecosysteem

Binnen het ecosysteem heeft elke soort zijn eigen **habitat**. Dat is het leefgebied van een organisme, de plek waar het voedsel vindt, waar het zich kan verstoppen en waar het soortgenoten vindt. Zo vind je aan het wateroppervlak van een meer muggenlarven en op de bodem slakken. Abiotische factoren als zuurstofgehalte, hoeveelheid licht en temperatuur bepalen of een gebied geschikt is als habitat voor een organisme (zie afbeelding 2).

- **Afb. 2** Biotische en abiotische factoren die van invloed zijn op een watervlo.



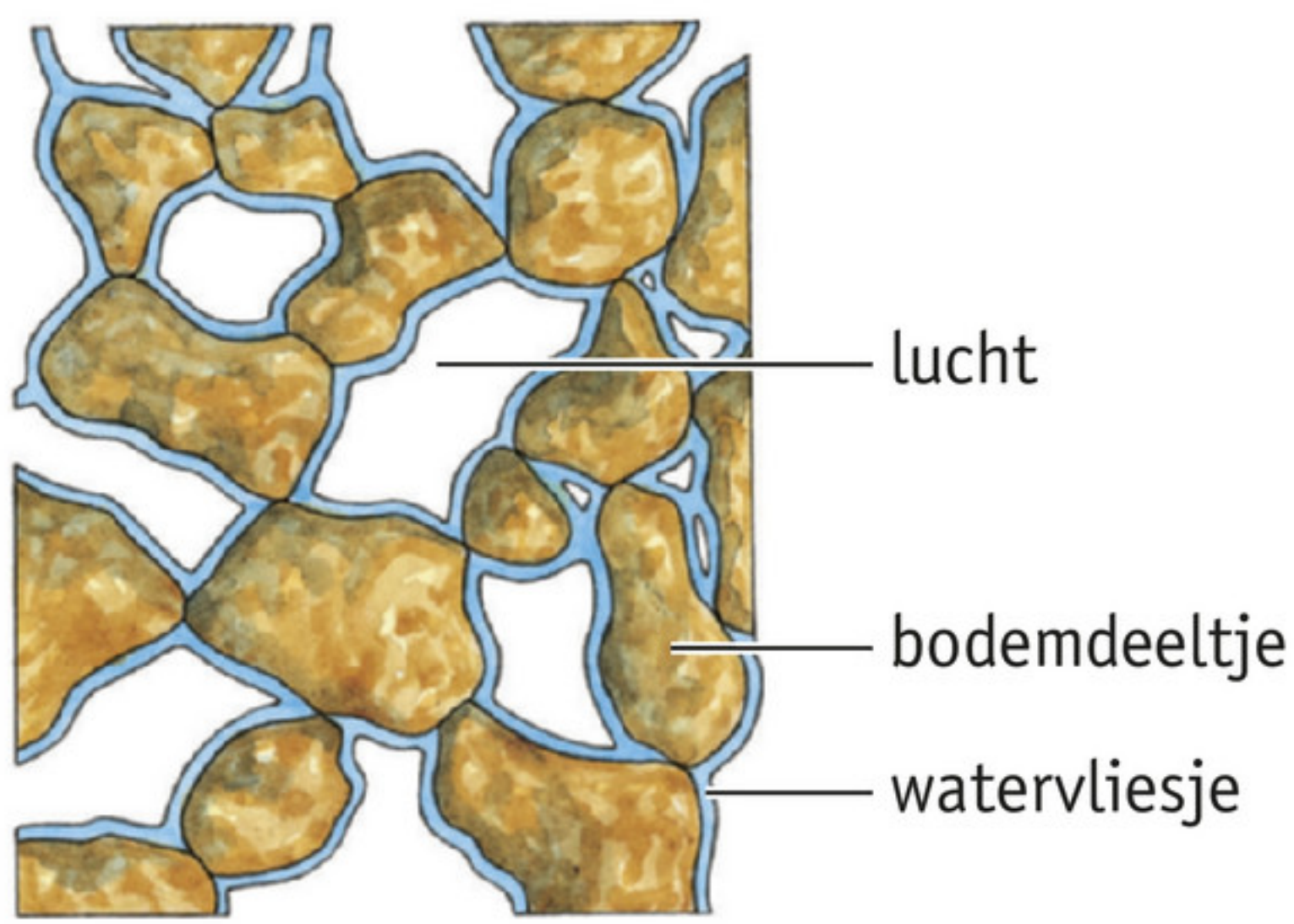
opdrachten

- 1 Binnen Nederland bestaan verschillende ecosystemen. Vooral aquatische ecosystemen komen voor. In een aquatisch ecosysteem is water het belangrijkste element.
 - a Een meer is een voorbeeld van een aquatisch ecosysteem. Noteer nog twee aquatische ecosystemen.
 - b In een vijver leven onder andere algen, waterplanten, watervlooien, waterkevers en stekelbaarsjes. Maken deze organismen deel uit van dezelfde levensgemeenschap? En maken ze deel uit van dezelfde populatie?
 - c Wat is het verschil tussen het ecosysteem vijver en de levensgemeenschap van die vijver?
 - d Geef een verschil in organisatieniveau tussen een habitat en een biotoop.
- 2
 - a Noteer twee abiotische factoren die kenmerkend zijn voor een bos.
 - b Enkele factoren zijn: licht, lucht, roofdieren, soortgenoten, struikgewas, temperatuur, voedsel, water en ziekteverwekkers. Welke van deze factoren zijn abiotisch?
 - c Leg uit dat dieren die in de monding van een rivier leven, goed tegen variaties in stroming en zoutgehalte kunnen.
 - d Een ecosysteem is min of meer begrensd. De grens van bijvoorbeeld het ecosysteem sloot is niet voor alle factoren volledig gesloten. Er vindt uitwisseling plaats tussen de sloot en zijn omgeving. Geef hiervan een abiotisch en een biotisch voorbeeld.

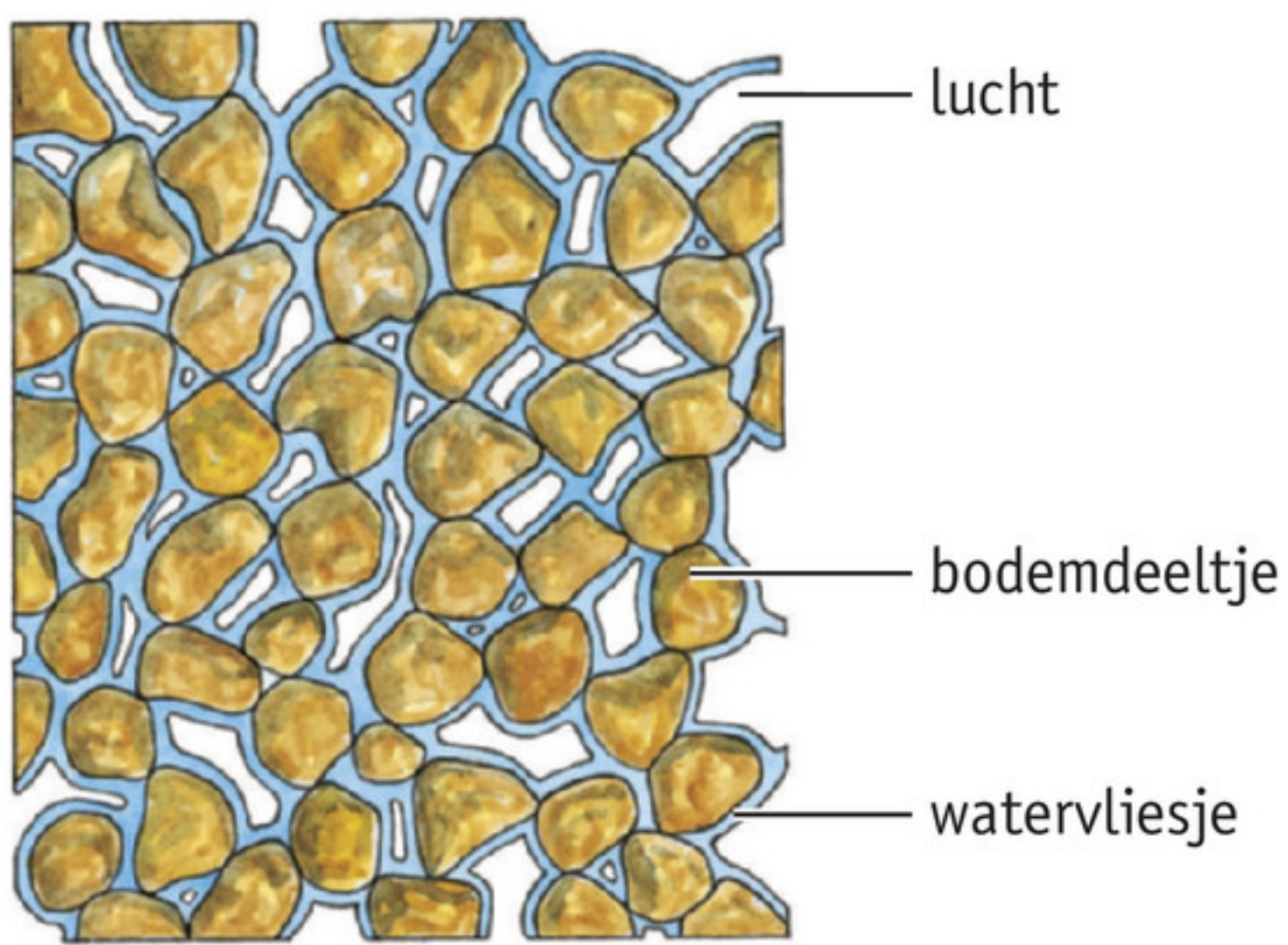
ABIOTISCHE FACTOREN

Abiotische factoren zijn van invloed op de **soortensamenstelling**: de verschillende soorten die binnen een gebied voorkomen. Voor organismen die op het land leven, zijn het klimaat en de bodem belangrijke abiotische factoren. Het klimaat is een combinatie van abiotische factoren als temperatuur, licht, wind en water (neerslag).

▼ Afb. 3 Bodemdeeltjes.



1 zand



2 klei

BODEM

Een bodem bestaat uit een mengsel van bodemdeeltjes van verschillende grootte. Zand heeft grotere bodemdeeltjes dan klei (zie afbeelding 3).

Elk bodemdeeltje is omgeven door een dun watervliesje. Bij klei zijn de holten tussen de bodemdeeltjes klein, waardoor klei water goed kan vasthouden. Water loopt sneller door zand dan door klei. Ook houdt kleigrond mineralen (zouten) beter vast dan zand. Doordat klei water en zouten vasthoudt, is klei een geschikte bodem voor planten.

In klei bevindt zich wel minder lucht en dus minder zuurstof tussen de bodemdeeltjes dan in zand. De wortels van planten hebben zuurstof nodig. Bovendien is het vanwege de kleinere holten in klei moeilijker voor de wortels om tussen de bodemdeeltjes door te dringen.

Ook van belang is het gehalte aan humus, een mengsel van organische en anorganische stoffen en micro-organismen. Door activiteiten van bacteriën en schimmels ontstaan uit humus mineralen voor planten. Bovendien verbetert humus de structuur van de bodem. Hoe meer humus er in zand voorkomt, hoe beter het zand water kan vasthouden. Hoe meer humus er in klei voorkomt, hoe gemakkelijker de wortels van planten erin kunnen doordringen. Humus voorkomt uitspoeling van mineralen naar het grondwater.

Andere eigenschappen van de bodem die invloed hebben op de soorten-samenstelling (planten en bodemdieren) in een ecosysteem, zijn bijvoorbeeld de pH (zuurgraad), de grondwaterstand en de concentratie mineralen.

LICHT

Planten hebben licht nodig voor hun fotosynthese. De behoefte aan licht is niet voor elke plant gelijk. Zonplanten groeien het best bij een hoge lichtintensiteit. Je vindt ze in het open veld, in woestijnen of in steppen. Schaduwplanten groeien het best bij een beperkte lichtintensiteit. Ze groeien bijvoorbeeld in bossen als bodembegroeiing.

Hoelang het licht is op een dag heeft invloed op de voortplanting van planten en dieren. De daglengte beïnvloedt bijvoorbeeld het tijdstip waarop planten in het voorjaar bloemen vormen en het tijdstip van paring en eileg bij vissen, amfibieën en vogels.

Waterdieren als watervlooien en vleugelslakken vertonen verticale migratie onder invloed van licht. 's Nachts komen ze naar het wateroppervlak, overdag gaan ze de diepte in.

WATER

Planten zijn aangepast aan de beschikbare hoeveelheid water. Landplanten hebben aan de buitenkant van de bladeren een cuticula (waslaagje). Vaak hebben ze alleen aan de onderkant huidmondjes. Landplanten die in een vochtig milieu leven, hebben bladeren met veel huidmondjes en een dunne cuticula. Hun wortelstelsels zijn klein. Naarmate het milieu droger is, hebben planten beter ontwikkelde wortelstelsels die dieper de grond in groeien. Landplanten die in een droog milieu leven, hebben weinig huidmondjes en een dikke cuticula. Een cactus heeft doornvormige bladeren, zonder huidmondjes. Ze slaan in speciale weefsels in de stengel water op.

Voor waterdieren zijn het zuurstofgehalte en het zoutgehalte van het water van belang. Palingen bijvoorbeeld hebben aanpassingen waardoor ze schommelingen in het zoutgehalte kunnen overleven.

TEMPERATUUR

Chemische processen in organismen worden geregeld door enzymen. De enzymactiviteit is afhankelijk van de temperatuur. Bij lage temperaturen is de enzymactiviteit klein, bij hoge temperaturen groot. Wordt de temperatuur te hoog, dan gaan enzymen kapot. Het leven van de meeste planten speelt zich dan ook af bij temperaturen tussen 0 en 45 °C. Dat geldt ook voor dieren met een wisselende lichaamstemperatuur. Bij een lage omgevingstemperatuur kunnen deze dieren vaak niet erg actief zijn. Vogels en zoogdieren met een constante lichaamstemperatuur kunnen temperaturen beneden 0 °C verdragen.

Afb. 4 Vossen.



1 vos uit de gematigde gebieden



2 poolvos



3 woestijnvos

opdrachten

- 3 De weegbree is een tredplant. Hij komt vooral voor op plaatsen waar wordt gelopen. Daardoor verandert de bodem.

a De bodem is een abiotische factor, die op zijn beurt bestaat uit andere abiotische factoren. Noteer drie van deze factoren.

b De grote weegbree (*Plantago major*) kwam oorspronkelijk voor in Europa en Noord- en Centraal-Azië, maar tegenwoordig komt hij over de hele wereld voor. De oorspronkelijke bewoners van Amerika noemen hem ‘het voetspoor van de blanke’. Welke biotische factor heeft een rol gespeeld bij de verspreiding van de grote weegbree over de aarde?
- 4 In de loop van de evolutie zijn planten en dieren aangepast geraakt aan de heersende abiotische factoren van hun milieu.

a Geef de verschillen weer tussen planten in een droge omgeving en planten in een vochtige omgeving. Neem de tabel over en vul hem in.

	Droog	Vochtig
Cuticula		
Oppervlakte bladeren		
Aantal huidmondjes		
Ontwikkeling wortelstelsel		

- b In afbeelding 4 zie je drie verschillende soorten vossen. De oren van de vossen zijn verschillend in grootte. Leg uit welk nut de grootte van de oren heeft. Bedenk dat vossen dieren zijn met een constante lichaamstemperatuur.
- c Zeekraal is een plant die groeit op de kwelders van de Waddenzee. Hij wordt geregeld overstroomd door de zee. Toch heeft de plant het uiterlijk van een droogteplant. Geef een verklaring daarvoor.
- d Dieren die in een droog milieu leven hebben aanpassingen om zo weinig mogelijk water te verliezen. Is de urine van deze dieren geconcentreerd of verdund? Leg je antwoord uit.

TOLERANTIE

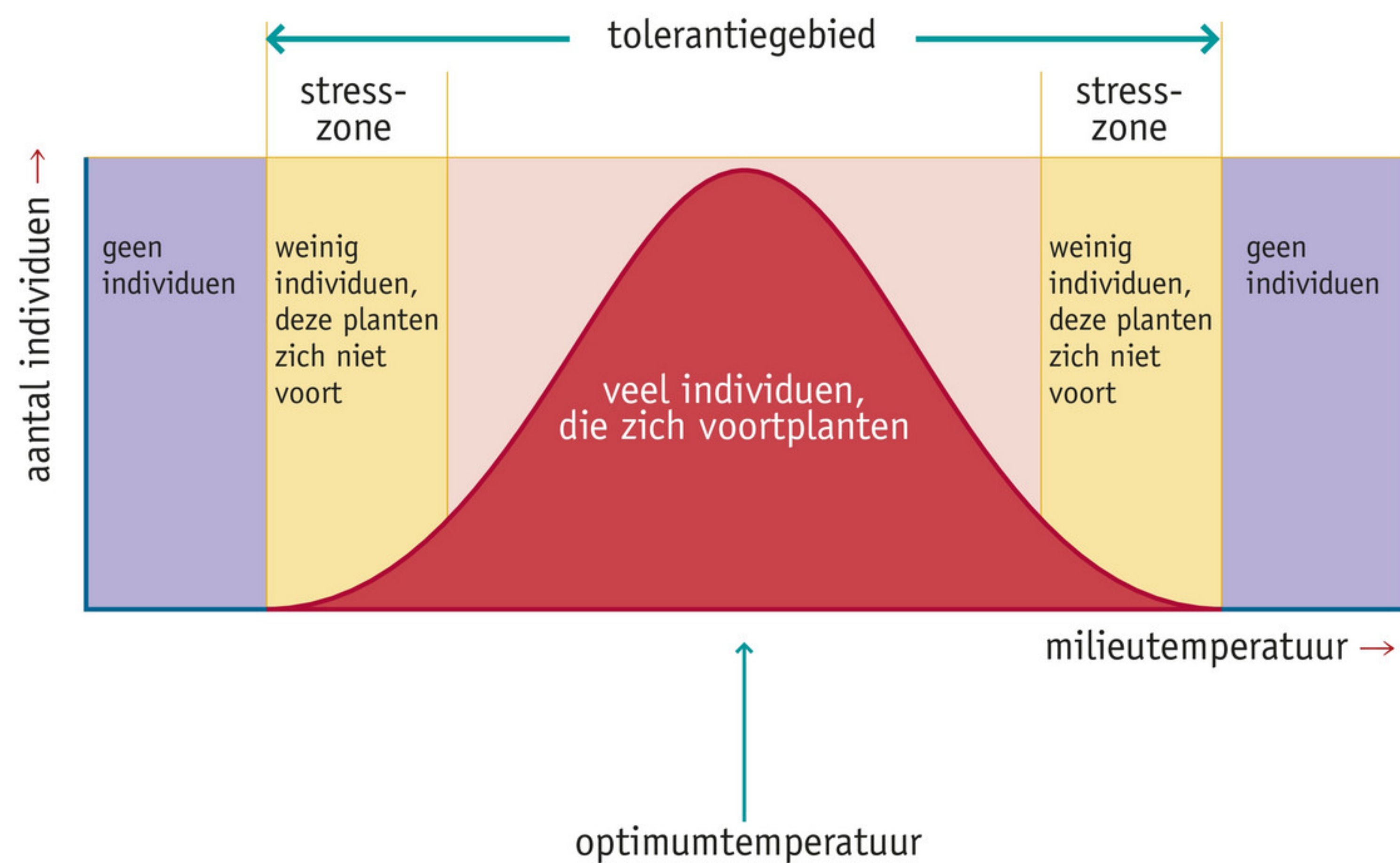
Elke soort heeft een eigen **verspreidingsgebied** (of **areaal**). Dat is het gebied waar een soort op aarde voorkomt. Zo komen kangoeroes voor in Australië en ijsberen in het noordpoolgebied. Binnen zijn verspreidingsgebied komt een soort voor in een of meer ecosystemen.

In woestijnen kan de temperatuur overdag wel vijftig graden Celsius verschillen van de temperaturen 's nachts. Woestijnplanten moeten zulke sterke schommelingen kunnen verdragen. **Tolerantie** is het vermogen van organismen om schommelingen in een abiotische factor te verdragen. Guppy's bijvoorbeeld blijven alleen in leven bij een temperatuur tussen 5 en 38 °C. Dit is het tolerantiegebied van guppy's voor temperatuur. Soorten met een grote tolerantie hebben een groot verspreidingsgebied.

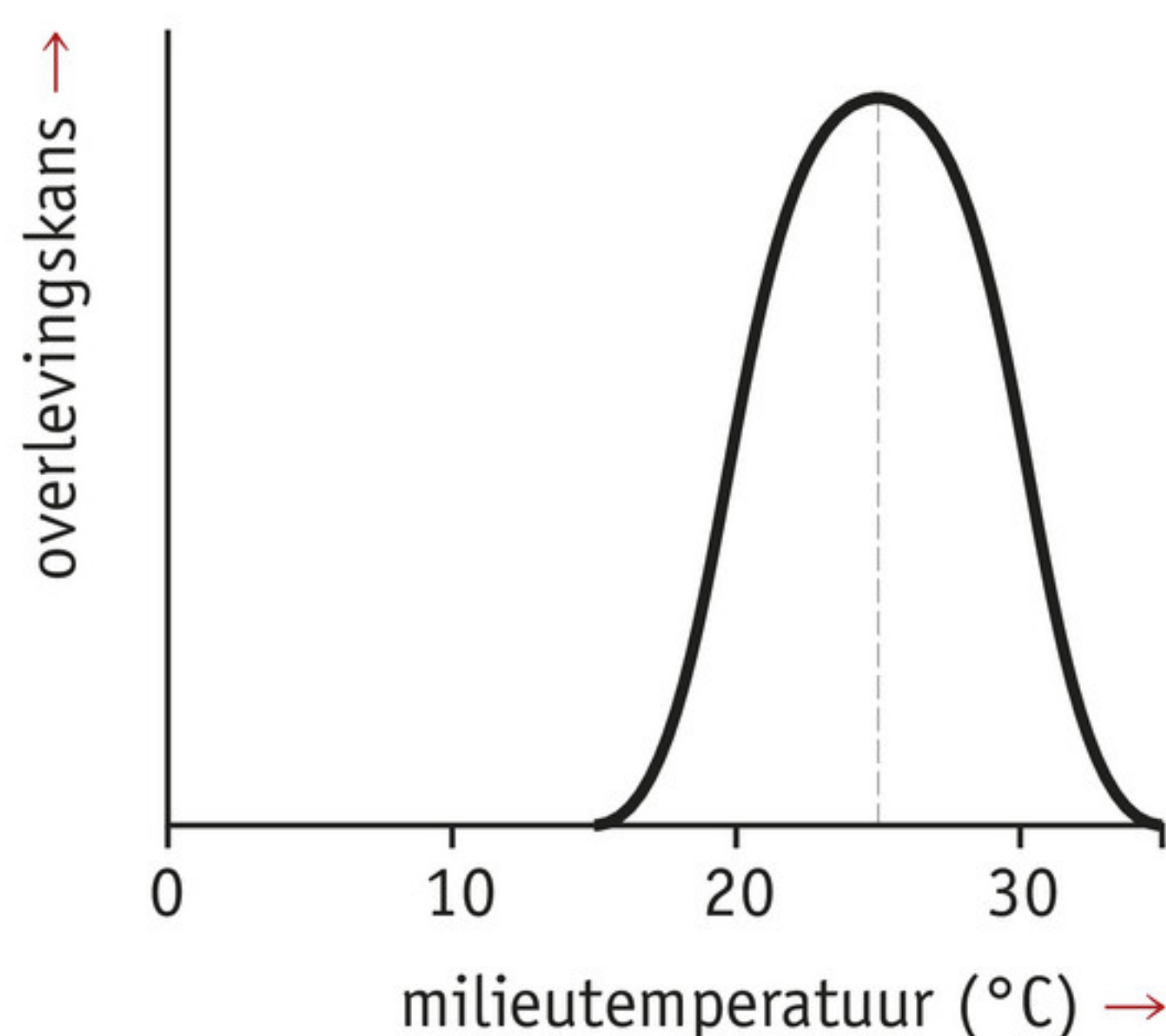
In afbeelding 5 is het aantal guppy's uitgezet tegen de omgevingstemperatuur. Bij een bepaalde temperatuur (ongeveer midden tussen 5 en 38 °C) is het aantal guppy's het grootst. Deze temperatuur is voor guppy's het **optimum**: de waarde van een abiotische factor die het gunstigst is voor het organisme.

In het diagram zie je ook twee trajecten waarin sprake is van stress. Bij temperaturen vlak boven 5 °C of vlak onder 38 °C kunnen guppy's wel overleven, maar ze zullen bij deze temperaturen al hun energie nodig hebben om in leven te blijven. Ze hebben dan geen energie over om te groeien of om zich voort te planten. In de natuur zullen guppy's deze temperaturen dan ook zo veel mogelijk vermijden. Voor guppy's werkt de abiotische factor temperatuur als **beperkende factor**. Dat is een abiotische factor die bepaalt of en hoeveel organismen van een soort in een gebied kunnen overleven.

► **Afb. 5** Het aantal guppy's uitgezet tegen de omgevingstemperatuur.



▼ **Afb. 6** De tolerantie van een vissoort voor de temperatuur.



opdrachten

- 5 In afbeelding 6 is de tolerantie van een vissoort voor de temperatuur weergegeven.
 - a Wat zijn de minimum-, de maximum- en de optimumtemperatuur voor deze vissoort?
 - b Komt deze vissoort voor in de tropen of in de gematigde gebieden? Leg je antwoord uit.
 - c Heeft deze vissoort een grotere of een kleinere tolerantie voor de temperatuur dan een guppy (zie afbeelding 5)? Leg je antwoord uit.
 - d In een bepaald ecosysteem schommelt de watertemperatuur regelmatig tussen 12 en 27 °C. Kan deze vissoort in dit ecosysteem voorkomen? Leg je antwoord uit.

- 6 Tolerantie en de verspreiding van een soort hangen nauw samen.
- Welk verband is er tussen de grootte van de tolerantie en de grootte van het verspreidingsgebied van een soort?
 - Heeft deze vissoort een groter of een kleiner verspreidingsgebied dan een guppy?

CONTEXT

Leefwereld

- ▼ **Afb. 7** Een goede grasmatt kan tegen een stootje.



Voetbalgras

In de eredivisie van het voetbal geven de aanvoerders na elke wedstrijd een cijfer voor de kwaliteit van de grasmatt. Een 5 is het beste. In de eindstand van het seizoen 2014/2015 stond Feyenoord bovenaan (4,1), gevolgd door Ajax (4) en FC Utrecht (3,71). Clubs met een kunststofgrasmatt eindigen doorgaans onder aan de lijst.

De belangrijkste eigenschap van een grasmatt is de tolerantie voor betreding. Daarnaast moet het gras dichte zoden vormen en lage temperaturen kunnen verdragen, zodat het hele seizoen kan worden gespeeld. Vanwege de hoge tribunes moet het gras tegen schaduw kunnen.

Gespecialiseerde bedrijven doen gecombineerde betredings-schaduwproeven. Daarbij wordt de grasmatt onder een schaduwtent gelegd, waardoor 65% van het licht wordt gefilterd en de relatieve luchtvochtigheid met 10% omhooggaat. Intussen wordt het gras gefolterd met een apparaat met drie rollers. De middelste roller draait in tegengestelde richting, zodat het gras uit elkaar wordt getrokken.

Sommige grassoorten blijken de proeven beter te doorstaan dan andere. Een combinatie van grassoorten als ruwe smelee, Engels raaigras en veldbeemdgras is uitstekend geschikt voor voetbalstadions. Dit blijkt uit de experimenten van Barenbrug, het bedrijf dat de grasmatt leverde voor het WK in Duitsland en voor de Olympische Spelen in China.

opdracht

- 7 In de context worden verschillende abiotische factoren genoemd die van invloed zijn op het gras van een voetbalveld.
- Welke abiotische factoren worden genoemd?
 - Welk effect heeft bespeling van een grasmatt op de bodem?
 - De ruwe smelee is bijzonder geschikt voor de grasmatt van een voetbalveld. Voor welke factoren moet de ruwe smelee een hoge tolerantie hebben?
 - Toen de ArenA in Amsterdam geopend werd, bleek al gauw dat het sluitbare dak problemen opleverde voor de grasmatt. Welke abiotische factoren spelen hierbij een rol?

Leerdoelen

- Je kunt binnen een ecosysteem vormen van concurrentie en van coöperatie onderscheiden.
- Je kunt de dynamiek en het evenwicht in een ecosysteem beschrijven.

2 Populaties

Stokstaartjes zijn sociale dieren. Om beurten staat een paar op wacht, terwijl de rest van de kolonie aan het eten is. Maar zodra een van de vrouwtjes zich wil voortplanten, wordt ze doodgebeten door het dominante vrouwtje.

CONCURRENTIE

De relaties tussen organismen kunnen gericht zijn op **concurrentie** (competitie, strijd) of op **coöperatie** (samenwerking). Bij concurrentie gaat het bijvoorbeeld om de beschikbare hoeveelheid voedsel, om een partner voor de voortplanting, om de beschikbare ruimte of om de beschikbare hoeveelheid licht (bij planten). Veel soorten bakenen een territorium af, een eigen gebied waaruit ze soortgenoten weren. Het territorium kan dienen als jachtgebied, om jongen groot te brengen en om voldoende voedsel veilig te stellen. De concurrentie tussen populaties is vaak minder sterk dan de concurrentie binnen populaties.

Binnen een populatie kan de concurrentie moordend zijn. Door sterke concurrentie is de selectiedruk hoog. De organismen die het best zijn aangepast aan het milieu, hebben de grootste overlevingskansen. Alleen de best aangepaste organismen overleven en geven hun genen door. Door hoge selectiedruk kan de genetische variatie binnen een populatie dus kleiner worden.

Als nu de abiotische omstandigheden in het ecosysteem veranderen, is juist een grote genetische diversiteit gunstig voor een populatie. Bij grote genetische diversiteit is de kans immers groot dat sommige organismen in de populatie goed zijn aangepast aan de nieuwe omstandigheden. Een voorbeeld is de vachtkleur van muizen, die varieert van erg licht tot erg donker. De meeste muizen hebben een kleur die daar tussenin zit. Er zijn maar weinig muizen met een erg lichte of een erg donkere kleur. Veranderen nu de omstandigheden in hun leefgebied, bijvoorbeeld doordat een bos ontstaat, dan zijn de donkere muizen in het voordeel. Zij vallen minder op in de schaduw van de bomen. Er vindt dan een verschuiving plaats binnen de populatie van lichte naar donkere muizen.

De selectiedruk kan zo zwaar worden, dat een populatie uitsterft binnen een bepaald gebied. De genetische variatie binnen de populaties jachtluipaarden in Afrika is bijvoorbeeld erg klein. Dit verkleint de overlevingskansen van de soort. Bovendien wordt het jachtluipaard in zijn voortbestaan bedreigd door jacht en vernietiging van zijn habitat. Als het aantal jachtluipaarden afneemt, zullen andere roofdieren in aantal toenemen. Ook is het mogelijk dat prooidieren (gazellen) in aantal toenemen. Op die manier verandert door natuurlijke selectie de soortensamenstelling in het ecosysteem.

COÖPERATIE

Het langdurig samenleven van organismen van verschillende soorten heet **symbiose**. Deze vorm van coöperatie kan voor elk van de organismen voordelig, neutraal of nadelig zijn.

Korstmossen zijn samenlevingen van schimmels met algen. De algen bezitten bladgroen waardoor er fotosynthese kan plaatsvinden. Een deel van de organische stoffen die hierbij worden gevormd, wordt door de schimmels verbruikt.

▼ Afb. 8 Maretak.



De schimmels nemen water en mineralen op uit de omgeving en kunnen deze stoffen vasthouden. Hiervan maken ook de algen gebruik. Bij korstmossen hebben beide soorten voordeel van de samenleving. Deze vorm van symbiose heet **mutualisme**.

Bij andere vormen van symbiose heeft slechts één van beide organismen voordeel. Als het andere organisme geen voordeel en geen nadeel heeft, heet dat **commensalisme**. Een voorbeeld hiervan zijn boomalgen op de stam van een boom. Bij **parasitisme** leeft een organisme (de parasiet) op of in een organisme van een andere soort (de gastheer) en onttrekt er voedsel aan. Voorbeelden van dierlijke parasieten zijn vlooien, luizen, spoelwormen en lintwormen. Maretak en duivelsnaaigaren zijn plantaardige parasieten. Maretak onttrekt alleen water en mineralen aan de gastheer (zie afbeelding 8). Duivelsnaaigaren onttrekt water, mineralen en organische stoffen aan de gastheer.

► PRACTICUMOPDRACHT 1

opdrachten

- 8 Fitis en tjiftjaf zijn twee verwante soorten. Ze lijken sprekend op elkaar. In afbeelding 9 staat informatie over de leefwijze van beide soorten.
- a Is de concurrentie om voedsel tussen fitis en tjiftjaf sterk of zwak? Leg je antwoord uit.
 - b Hebben fitis en tjiftjaf hetzelfde verspreidingsgebied? Leg je antwoord uit.
 - c Komen fitis en tjiftjaf voor in hetzelfde ecosysteem? Leg je antwoord uit.
 - d Hebben fitis en tjiftjaf dezelfde habitat? Leg je antwoord uit.
 - e Welke concurrentie is het sterkst: die tussen fitissen onderling of die tussen fitissen en tjiftjafs? Leg je antwoord uit.
 - f De fitis en de tjiftjaf zijn verwante soorten. Dat betekent dat ze gemeenschappelijke voorouders hebben. Was de concurrentie binnen de populaties van deze gemeenschappelijke voorouder zwak of sterk? Leg je antwoord uit.
 - g Stel dat het ecosysteem waarin deze gemeenschappelijke voorouder leefde, geleidelijk veranderde, zodat er meer hoge bomen kwamen. Daarmee nam de diversiteit binnen het ecosysteem toe. Leg met behulp van natuurlijke selectie uit hoe uit een populatie van deze gemeenschappelijke voorouder uiteindelijk twee verschillende soorten konden ontstaan.

▼ Afb. 9 De leefwijze van fitis en tjiftjaf.

	Fitis	Tjiftjaf
Voorjaarstrek	begin maart tot eind mei	begin april tot laat in mei
Broedgebied	Europa	Europa
Komt voor in	jonge bossen met struiken en lage bomen	open bossen met sommige hoge bomen
Nest	verborgen tussen bodemvegetatie	in dichte wirwar van struiken, laag bij de grond
Voedsel	insecten in struiken en bomen	insecten in struiken en bomen
Najaarstrek	begin juli tot eind september	begin augustus tot half oktober
Overwintert in	zuidelijk Afrika	landen rond de Middellandse Zee

- 9 Er zijn verschillende vormen van symbiose: commensalisme, mutualisme en parasitisme.
- a Hier staan drie voorbeelden van symbiose. Geef van elk voorbeeld aan om welk type symbiose het gaat.
- 1 Loodsmannetjes leven van de resten van de prooi van een haai.
 - 2 De zeeanemoon leeft van de resten van de prooi van de heremietkreeft en beschermt deze met zijn netelcellen.
 - 3 De porseleinzwam onttrekt water, mineralen en organische stoffen aan een beuk.
- b Stokstaartjes staan om beurten op wacht, terwijl de andere leden van de kolonie aan het eten zijn.
Is dit een vorm van symbiose? Licht je antwoord toe.
- c De maretak wordt wel een halfparasiet genoemd (zie afbeelding 8).
Hoe kun je aan de maretak zien dat het geen volledige parasiet is?

DE DYNAMIEK VAN EEN POPULATIE

De grootte van een populatie wordt weergegeven als het gemiddelde aantal individuen per oppervlakte-eenheid (op het land) of per volume-eenheid (in het water). De populatiegrootte van paardenbloemen in een weiland kan bijvoorbeeld twee individuen per vierkante meter bedragen, van haviken in een loofbos 0,5 individuen per vierkante meter en van watervlooien in een sloot 22 individuen per liter.

Op de grootte van een populatie zijn veel factoren van invloed. Voorbeelden zijn voedselrelaties, parasitisme, ziekte en concurrentie. Deze factoren beïnvloeden de populatiegrootte door negatieve terugkoppeling: als de populatie groter wordt, krijgen de factoren die een afname van de populatie veroorzaken meer invloed. En als de populatiedichtheid kleiner wordt, worden de factoren die de populatie doen groeien belangrijker (zie afbeelding 10). Het resultaat hiervan is dat de populatiedichtheid schommelt om een evenwichtswaarde.

► **Afb. 10** De populatiegrootte wordt beïnvloed door negatieve terugkoppeling.



De populatiegrootte wordt ook beïnvloed door geboorte, sterfte en migratie.

Door **geboorte** groeit een populatie. In de natuur verschilt het aantal geboorten per soort. Kieviten bijvoorbeeld krijgen weinig jongen. Kieviten beschermen hun jongen tegen roofdieren en slechte weersomstandigheden, zodat de jongen een goede kans hebben de eerste levensperiode te overleven. Kikkers produceren juist veel nakomelingen. Kikkers beschermen hun jongen niet of nauwelijks. Bijna alle jongen sneuvelen in de eerste levensperiode.

Door **sterfte** wordt een populatie kleiner. Ook de sterfte varieert per soort. Voor mensen geldt bijvoorbeeld dat de sterfte bij oudere mensen hoog is en bij jonge mensen laag. Bij kikkers is de sterfte juist hoog bij jonge dieren.

De populatiegrootte kan ook veranderen door **migratie** (verplaatsing, verhuizing). Organismen kunnen van elders een populatie binnentrekken (immigratie) of uit een populatie wegtrekken (emigratie).

Over een groot aantal jaren bekeken blijkt dat veel populaties in een **biologisch evenwicht** verkeren. Dat is de situatie waarbij de populatiegrootte schommelt rond een bepaalde waarde. Dat evenwicht kan echter op verschillende manieren worden verstoord.

Er kunnen organismen van andere soorten vanuit een ander gebied binnendringen. Zulke soorten worden **uitheems** genoemd, in tegenstelling tot de **inheemse** soorten die van nature in een gebied voorkomen. Soms gebeurt dat binnentrekken per ongeluk, bijvoorbeeld doordat een vogel door sterke wind uit koers is geraakt. Organismen die als gevolg van menselijk handelen terechtkomen in een leefgebied waarin ze van oorsprong niet thuishoren, worden **exoten** genoemd. Sommige exoten bezitten eigenschappen waardoor ze zich in het nieuwe leefgebied kunnen vestigen en verspreiden. Het gevaar bestaat dan dat ze inheemse populaties verdringen. De Amerikaanse brulkikker bijvoorbeeld is een exoot in Frankrijk en België, die de inheemse kikkersoorten bedreigt.

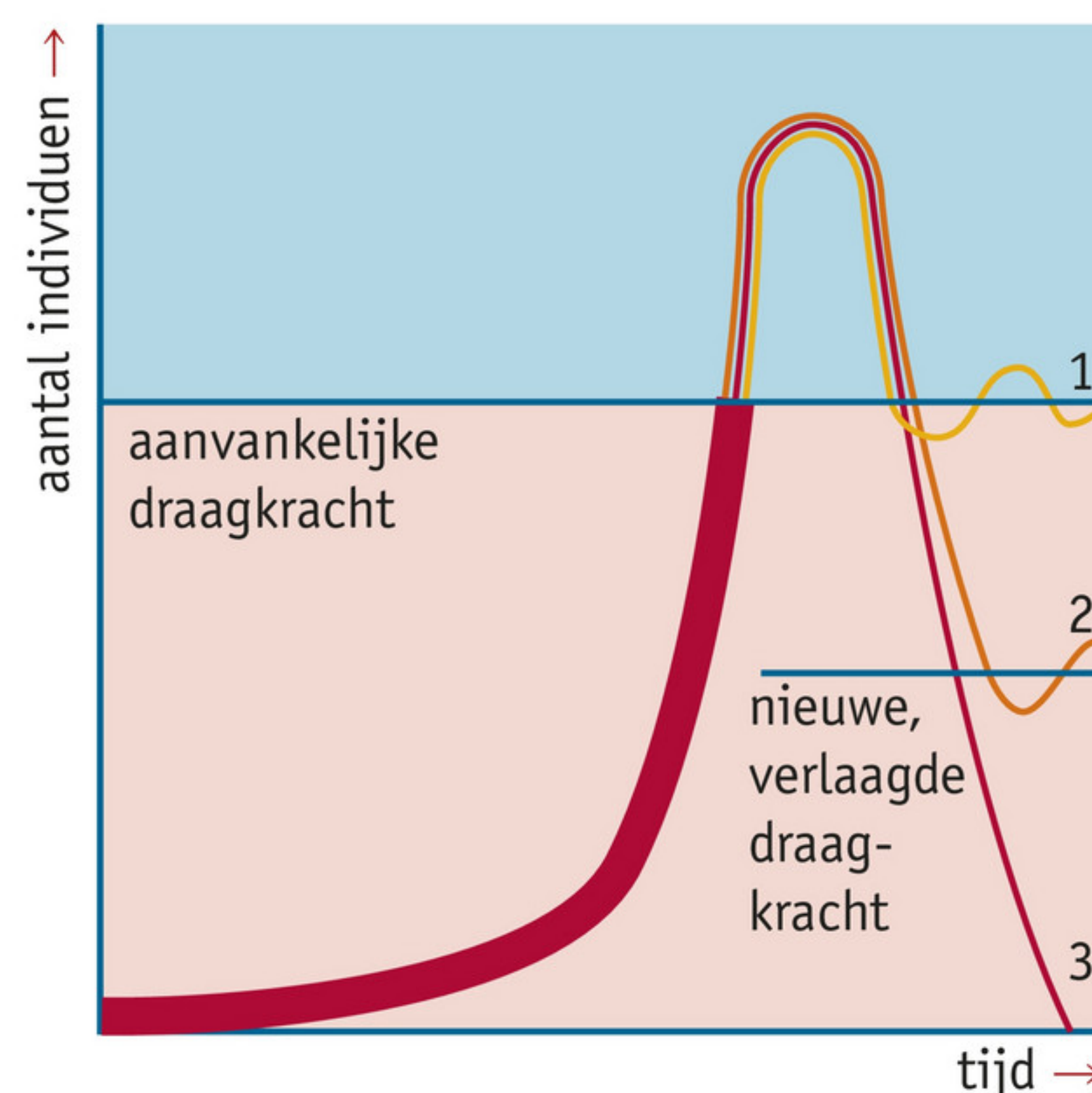
In het begin zullen de omstandigheden voor zo'n exoot waarschijnlijk gunstig zijn. De nieuwe populatie telt nog weinig individuen, die daardoor voldoende voedsel zullen aantreffen. De populatie zal gaan groeien.

Maar na verloop van tijd zullen de omstandigheden minder gunstig worden. Voor de meeste populaties geldt dat de hulpbronnen in ecosystemen beperkt zijn. Bij een grote populatie neemt de invloed van de beperkende factoren toe. De **draagkracht** van een ecosysteem is de maximale populatiegrootte die over langere tijd in dat ecosysteem kan worden gehandhaafd.

Bij soorten die veel nakomelingen krijgen, treedt gemakkelijk exponentiële groei op, als de omstandigheden gunstig zijn. Dit zie je in de grafiek van afbeelding 11 aan de dikke rode lijn. Het is mogelijk dat na zo'n snelle groei de draagkracht van het ecosysteem korte tijd wordt overschreden. Daarna zal de populatie kleiner worden. Deze terugval kan op verschillende manieren plaatsvinden. Het teveel aan organismen kan sterven, totdat de draagkracht van het ecosysteem is bereikt. Er stelt zich dan een biologisch evenwicht in (lijn 1 in de afbeelding).

Meestal heeft een overschrijding van de draagkracht ernstige gevolgen voor de populatie. Een te grote populatie rupsen bijvoorbeeld kan alle bladeren van planten wegvreten. Door deze vraat zal een aantal planten sterven. Dit heeft tot gevolg dat de draagkracht van het ecosysteem voor rupsen terugloopt, waardoor er een massale sterfte bij de rupsen optreedt. Hierna kan zich een biologisch evenwicht instellen bij een kleinere populatie (lijn 2 in de afbeelding). Een derde mogelijkheid is dat de populatie instort en zich niet meer herstelt (lijn 3 in de afbeelding).

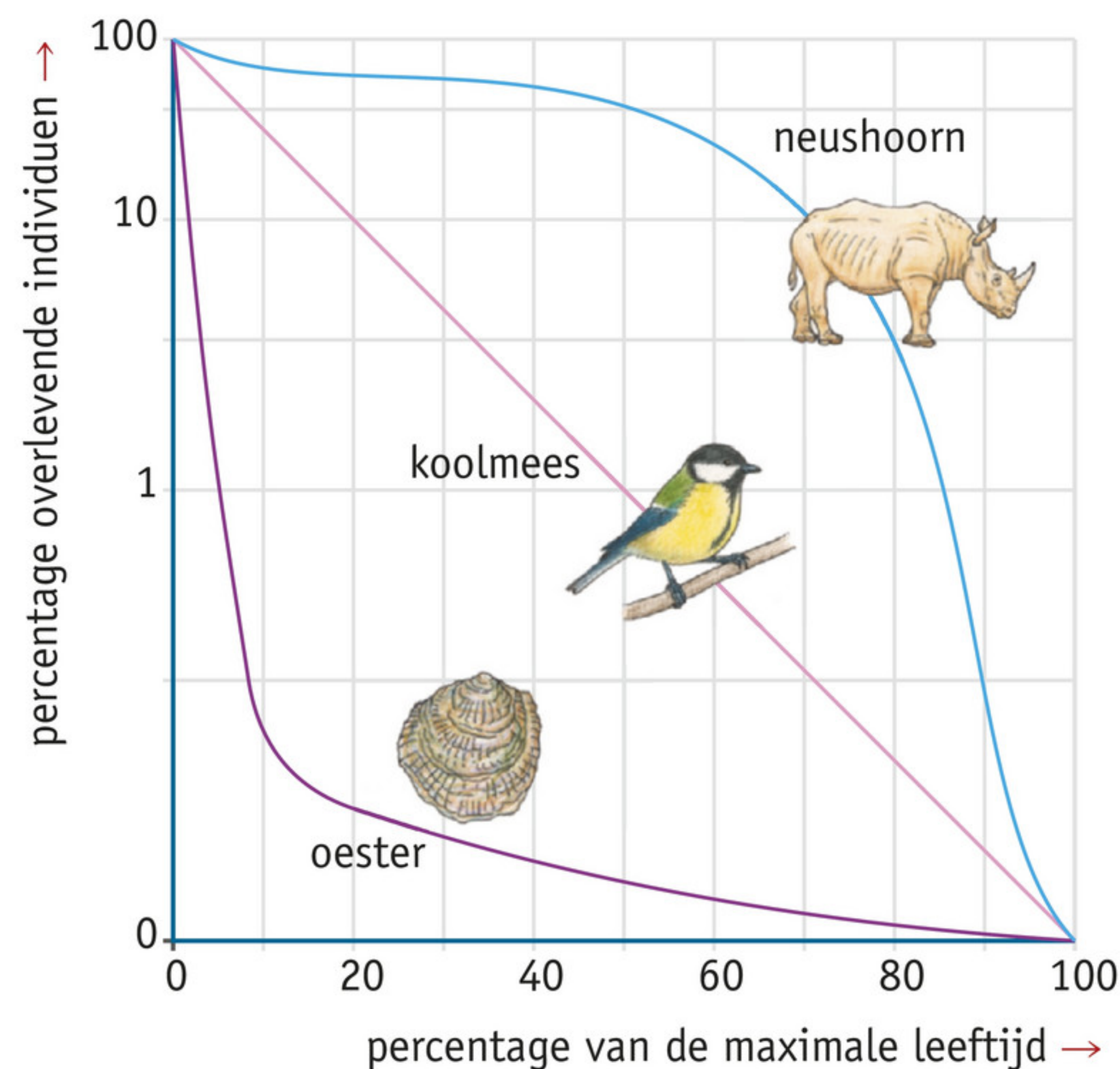
► **Afb. 11** Gevolgen van overschrijding van de draagkracht.



opdrachten

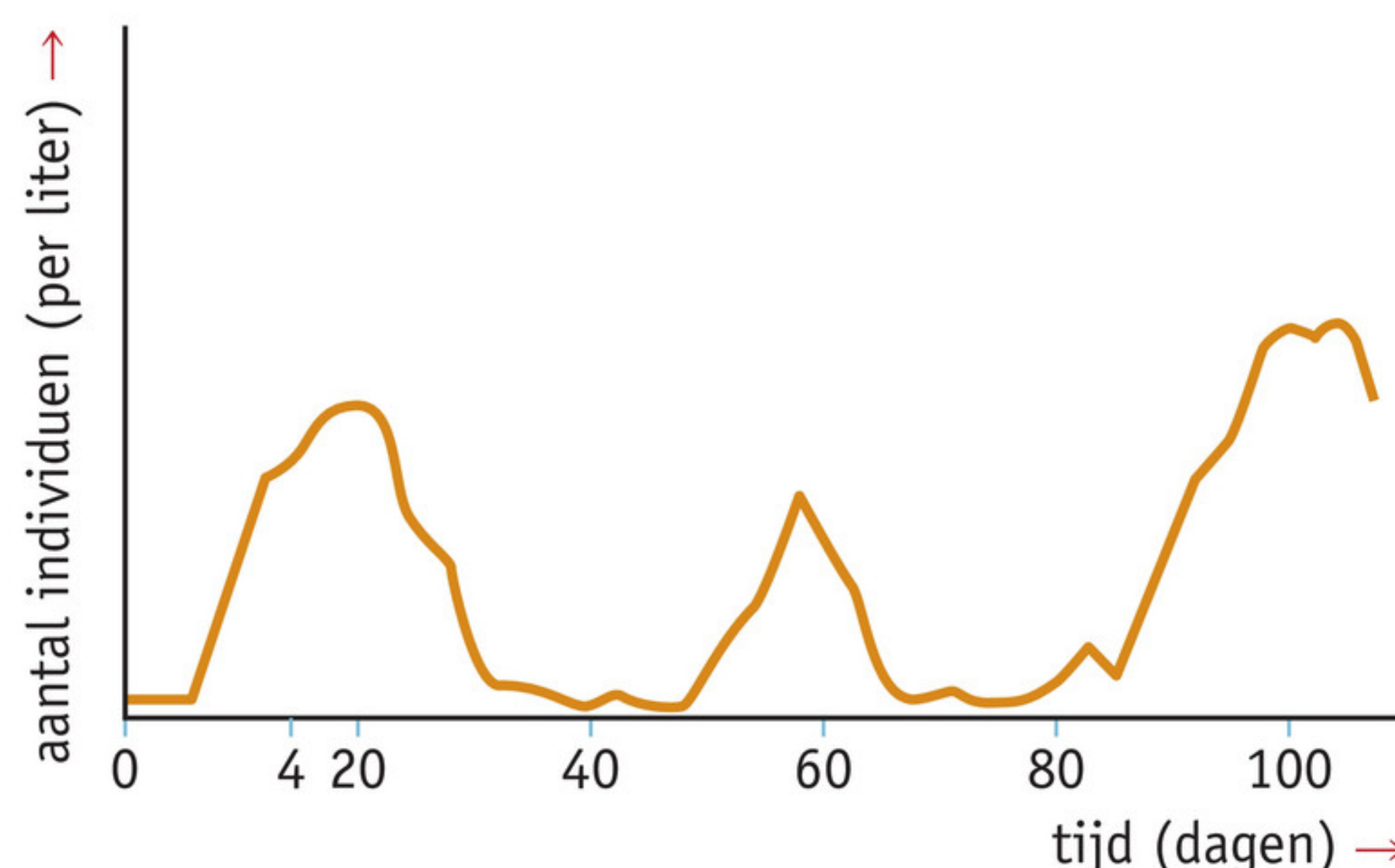
- 10 Een langdurige periode van hevige sneeuwval kan de grootte van verschillende populaties in een ecosysteem beïnvloeden. Is hierbij sprake van terugkoppeling? Leg je antwoord uit.
- 11 In afbeelding 12 zie je overlevingscurven van enkele diersoorten in een diagram. Daaruit is af te lezen welk deel van de nakomelingen op welke leeftijd in leven blijft. Op de x-as is de leeftijd uitgedrukt als percentage van de maximale leeftijd die een organisme van de soort kan bereiken.
- Bij welke diersoort is de sterfte tijdens de eerste levensperiode het hoogst?
 - Bij welke soort verwacht je de meeste nakomelingen per organisme? Leg je antwoord uit.
 - Waarop lijkt de overlevingscurve van de kikker het meest: op die van de neushoorn, van de koolmees of van de oester? Leg je antwoord uit.
 - En waarop lijkt de overlevingscurve van de mens het meest? Leg je antwoord uit.

► **Afb. 12** Overlevingscurven van enkele diersoorten.



- 12 In afbeelding 13 zie je de populatiegrootte van watervlooien in een vijver gedurende enkele maanden. De populatiegrootte vertoont sterke pieken en dalen.
- Noteer twee factoren die de oorzaak kunnen zijn van het regelmatig instorten van de populatie watervlooien.
 - Krijgen watervlooien veel of weinig jongen? Leg je antwoord uit.
 - In afbeelding 12 zijn drie overlevingscurven getekend. Op welke van de drie curves zal de overlevingscurve van watervlooien het meest lijken? Leg je antwoord uit.

► **Afb. 13** De populatiegrootte van watervlooien in een vijver.



CONTEXT

Leefwereld

Een nijlpaard in de Maas

Je zou toch een nijlpaard in je achtertuin tegenkomen. Je zou hem op zijn minst bestempelen als dwaalgast, misschien wel als exoot. Toch is er een tijd geweest dat er nijlpaarden rondspartelden in de Maas. Dat was 400 000 jaar geleden. Toen was de Maas nog tropisch warm.

▼ **Afb. 14** Nijlpaarden in de Maas?



Dat weten we doordat fossiele resten van nijlpaarden zijn gevonden op Maasvlakte 2. Maasvlakte 2 is de modernste haven van Europa. Hij is aangelegd met zand dat afkomstig is van de Noordzeebodem. En dat zand zit boordevol fossielen. Je hoeft maar even over het strand te lopen en je vindt botten van rendieren, paarden of misschien wel een mammoet. Er is zelfs een fossiele keutel van een hyena gevonden. Veel van die fossielen gaan naar Naturalis in Leiden en het Natuurhistorisch Museum van Rotterdam, waar ze worden onderzocht.

Het blijkt dat het Noordzeebekken afwisselende perioden van warmte en koude heeft gekend. Tijdens de ijstijden was al het water verdwenen. Je kon zo naar Engeland lopen. Daarna werd het warmer en stroomde de steppe vol met water. Toen vestigden zich ook mensen aan de kust. Dat was pas 10 000 jaar geleden. Dus wie is hier nu eigenlijk een exoot?

opdracht

- 13** Exoten zijn organismen die als gevolg van menselijk handelen terechtkomen in een leefgebied waarin ze van oorsprong niet thuishoren.
- a** Wat is het verschil tussen een dwaalgast en een exoot?
 - b** Waarom mag je de nijlpaarden die 400 000 jaar geleden in de Maas voorkwamen, geen exoot noemen? Verklaar je antwoord.
 - c** Stel dat je een nijlpaard in je achtertuin zou zien, mag je die dan een exoot noemen? Verklaar je antwoord.

Leerdoelen

- Je kunt de voedselrelaties en de informatienetwerken binnen een ecosysteem beschrijven.
- Je kunt de energiestroom door een ecosysteem beschrijven.

3 Ecosystemen

‘Elke morgen ontwaakt in Afrika een gazelle. Hij weet dat hij sneller moet zijn dan de snelste leeuw, anders wordt hij gedood. Elke morgen ontwaakt er in Afrika een leeuw. Hij weet dat hij sneller moet zijn dan de langzaamste gazelle, anders sterft hij van de honger. Het doet er niet toe of je een gazelle of een leeuw bent, je kunt beter meteen gaan rennen als de zon opkomt.’ (Thomas L. Friedman)

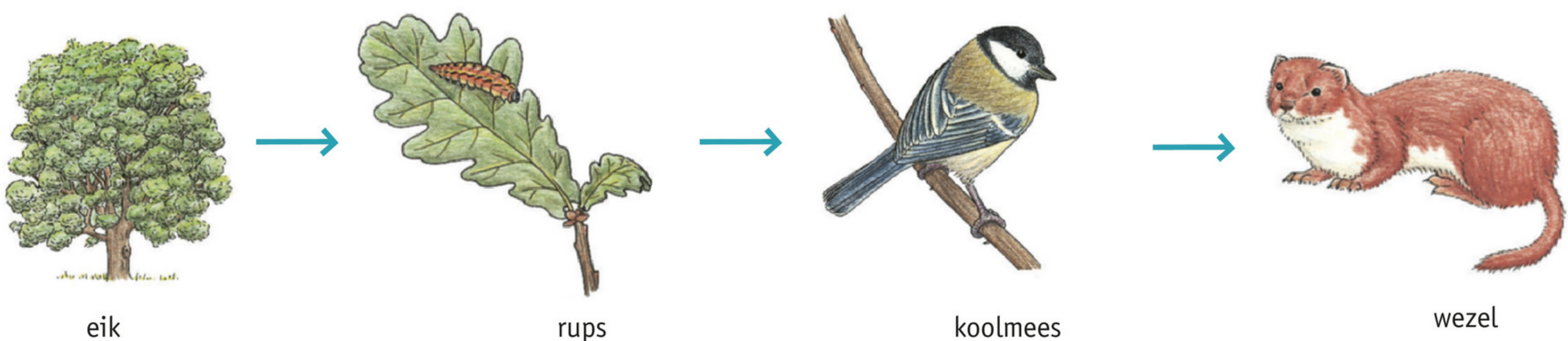
VOEDSELRELATIES

Planten kunnen niet rennen. Zij beschermen zich op andere manieren, vooral tegen **vraat** (het eten van planten) door dieren. Acacia's bijvoorbeeld hebben doornen. Daarnaast maken sommige planten gifstoffen aan om zich tegen vraatzuchtige dieren te verdedigen. Veel planten maken daarbij gebruik van **signaalstoffen**. Dat zijn chemische verbindingen die informatie overdragen tussen en binnen organismen. Ook acacia's maken zo'n signaalstof als ze worden aangevreten. Zodra andere acacia's de stof opvangen, maken ze een gifstof aan waardoor overmatige vraat wordt voorkomen.

Vraat is het begin van een voedselketen. Een **voedselketen** geeft de voedselrelaties weer in een ecosysteem. In een voedselketen is een reeks populaties met elkaar verbonden, waarbij elke populatie voedselbron is voor de volgende populatie (zie afbeelding 15).

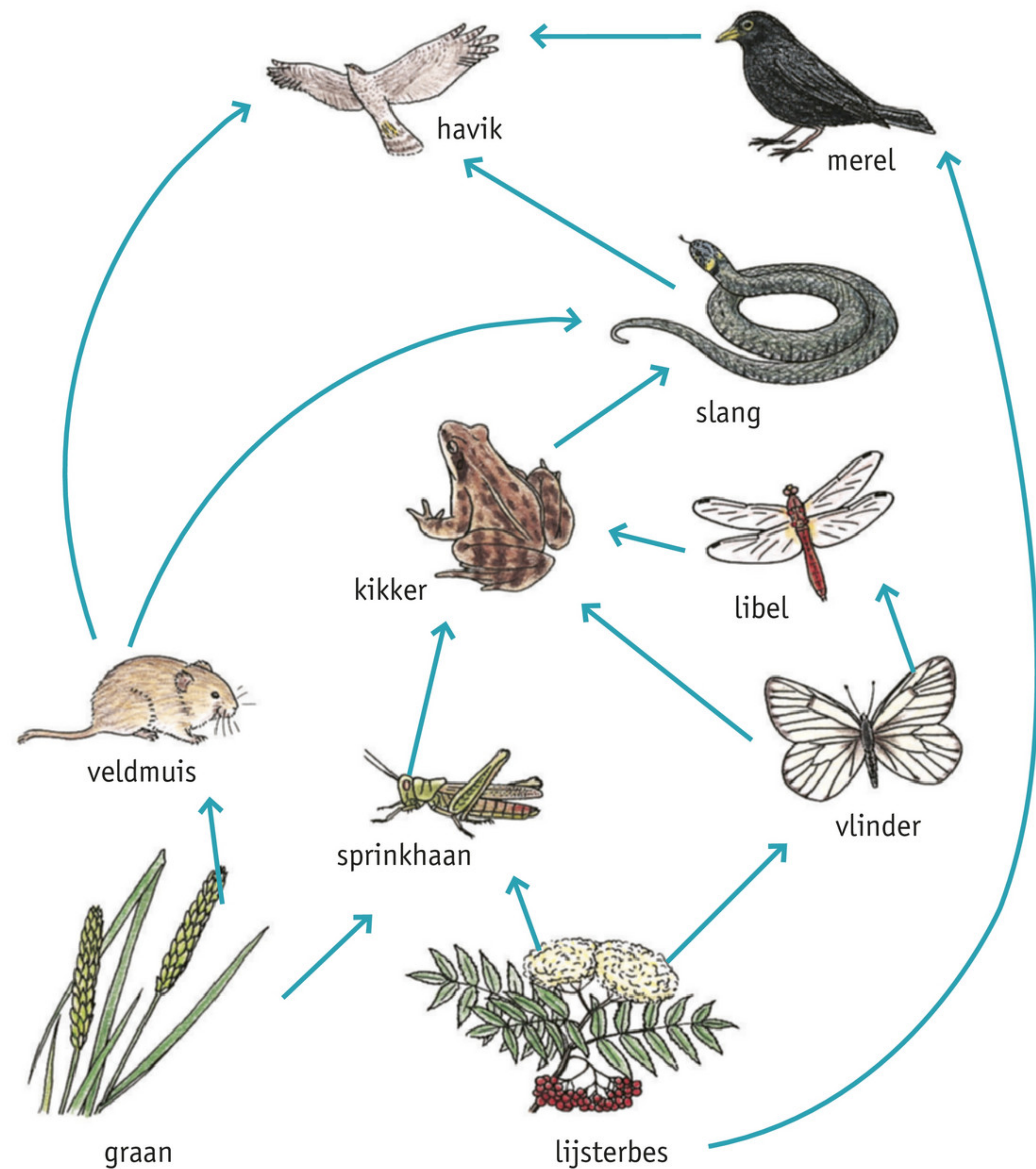
De afspraak is dat de pijlrichting in zo'n keten wijst in de richting waarin het voedsel zich verplaatst, dus van het (op)gegeten organisme naar de eter. De pijlen geven op die manier de energiestroom weer door een voedselketen. Het eten van dieren heet **predatie**.

▼ **Afb. 15** Een voedselketen.



In een ecosysteem lopen diverse voedselketens door elkaar heen. Het geheel van voedselrelaties in een levensgemeenschap wordt **voedselweb** genoemd (zie afbeelding 16).

► **Afb. 16** Een voedselweb.



opdrachten

- 14** Marcel Dicke van de Wageningen Universiteit constateerde dat bonenplanten die door spint worden belaagd, geurstoffen afscheiden. Deze stoffen (terpenen) werden niet gevormd als hij de planten met schuurpapier beschadigde. De terpenen trokken speciaal op spint beluste roofmijten aan en zetten tevens buurplanten aan tot het activeren van hun eigen wapens tegen spint.
- Leg uit waarom de terpenen die de bonenplanten vormen, 'signaalstoffen' worden genoemd.
 - Leg uit dat het functioneel is voor planten om de terpenen pas af te scheiden als ze worden bedreigd door herbivoren.

- 15
- Wouter van Hoven van de Universiteit van Pretoria deed onderzoek aan sweet thorns (*Acacia karroo*), een acaciasoort (zie afbeelding 17).
- a

Leg uit welk voordeel juist planten hebben van het gebruik van een informatienetwerk met signaalstoffen.
- b

Er zijn verschillende typen signaalstoffen in de natuur. Voorbeelden zijn feromonen, hormonen en neurotransmitters.
Zoek op internet uit of deze signaalstoffen voorkomen bij planten, dieren of mensen en op welk organisatieniveau deze signaalstoffen werken.
- c

Leg je antwoorden bij vraag a en b naast de onderzoeksvraag van afbeelding 17.
Formuleer nu opnieuw de onderzoeksvraag, zodat hij preciezer is.

▼ Afb. 17

ONDERZOEK		SIGNAALSTOFFEN SWEET THORNS
Inleiding	Op de Zuid-Afrikaanse savannen leven koedoes, een antilopensoort. Koedoes eten sweet thorns, een acaciasoort die tannine aanmaakt (zie de afbeelding). Soms is sprake van massale sterfte onder koedoes. Het vermoeden is dat de sweet thorns door vraat een signaalstof, ethyleen, produceren die andere planten aanzet tot het produceren van extra tannine. Een overmaat aan tannine is dodelijk voor koedoes.	
Onderzoeksvraag	Waarschuwen de sweet thorns elkaar met behulp van een signaalstof?	
Hypothese	De sweet thorns maken door vraat een signaalstof die andere planten aanzet tot het produceren van tannine.	
Experiment	Er worden twee groepen sweet thorns gevormd die van elkaar geïsoleerd zijn. Van de ene groep worden de bladeren beschadigd, van de andere niet. De concentratie ethyleen die beschadigde sweet thorns produceren, wordt vervolgens gemeten en vergeleken met de productie van ethyleen door onbeschadigde sweet thorns. Vervolgens worden twee nieuwe groepen sweet thorns gevormd die van elkaar geïsoleerd zijn. Over de bladeren van de ene groep wordt ethyleen geblazen, over de andere wordt lucht zonder ethyleen geblazen. Van beide groepen wordt vervolgens de tannineproductie gemeten.	
Resultaat	Er wordt twintig maal zo veel ethyleen gevormd door beschadigde bladeren als door bladeren die niet beschadigd zijn. Bovendien neemt de tannineproductie toe als over de bladeren ethyleen wordt geblazen.	
Conclusie	Sweet thorns produceren onder invloed van vraat een signaalstof, waardoor andere acacia's tannine gaan maken. De hypothese is juist.	

ENERGIESTROOM

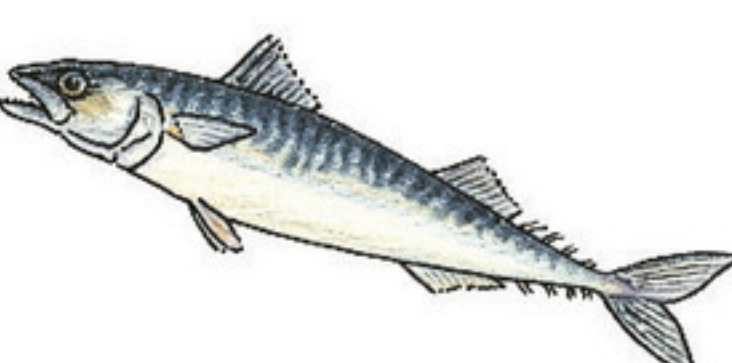
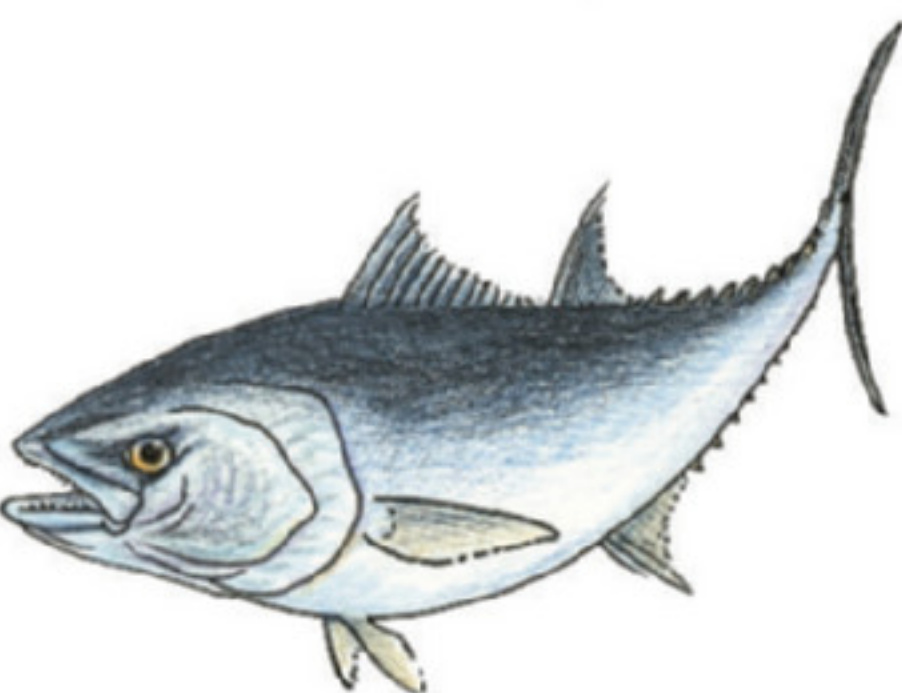
Elke schakel in een voedselketen heet een **trofisch niveau**. In het eerste trofische niveau bevinden zich autotrofe organismen. Dit zijn organismen die met behulp van fotosynthese hun eigen voedsel kunnen maken (alle planten en sommige bacteriën en archaea). Zij produceren organische stoffen uit anorganische stoffen. Deze organismen worden **producenten** genoemd.

De opbouw van organische moleculen uit kleinere moleculen noem je **assimilatie**. Door assimilatie ontstaan de organische stoffen waaruit de cellen van een organisme bestaan. Producenten zijn in staat glucose te vormen uit de anorganische stoffen koolstofdioxide en water (of een andere stof met waterstof). Dit proces heet **koolstofassimilatie**. Voor koolstofassimilatie is energie nodig. Planten en cyanobacteriën gebruiken bij de koolstofassimilatie de energie in licht (fotosynthese).

Bij **voortgezette assimilatie** is glucose de grondstof voor de vorming van koolhydraten, eiwitten, vetten en DNA. Voor de voortgezette assimilatie in autotrofe organismen zijn onder andere mineralen nodig.

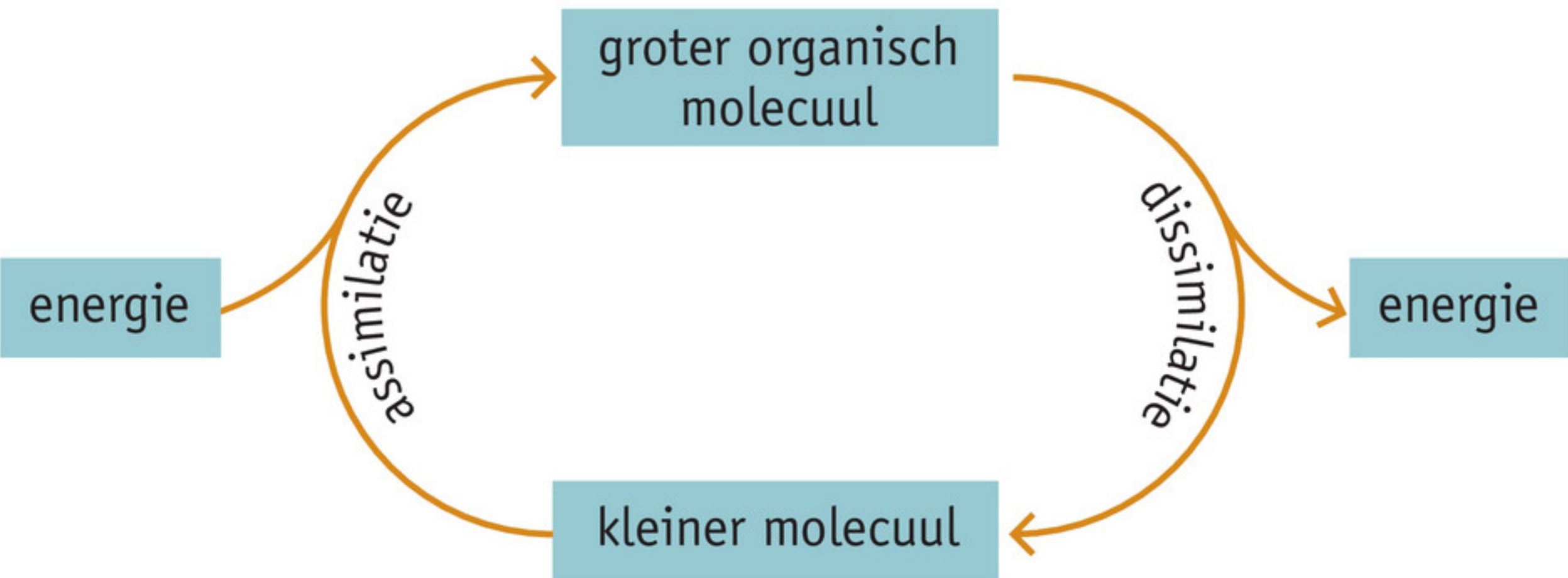
Heterotrofe organismen zijn niet in staat organische stoffen te vormen uit alleen anorganische stoffen. De meeste bacteriën, de schimmels en de dieren zijn heterotroof. Dit zijn de **consumenten**. Zij moeten voor de opbouw van hun cellen organische stoffen als voedsel opnemen en bevinden zich daardoor in de tweede en alle volgende schakels van voedselketens. In de tweede schakel vind je de consumenten van de eerste orde, in de derde schakel de consumenten van de tweede orde, enzovoort (zie afbeelding 18). Consumenten van de eerste orde zijn planteneters (herbivoren). Diereneters (carnivoren) en alleseters (omnivoren) tref je aan vanaf de tweede orde.

▼ **Afb. 18** Voedselketens.

Autotroof	Heterotroof		
producenten 1e trofische niveau	consumenten van de 1e orde 2e trofische niveau	consumenten van de 2e orde 3e trofische niveau	consumenten van de 3e orde 4e trofische niveau
in een loofbos			
 eik	 rups	 koolmees	 wezel
in een oceaan			
 fytoplankton	 zoöplankton	 makreel	 tonijn

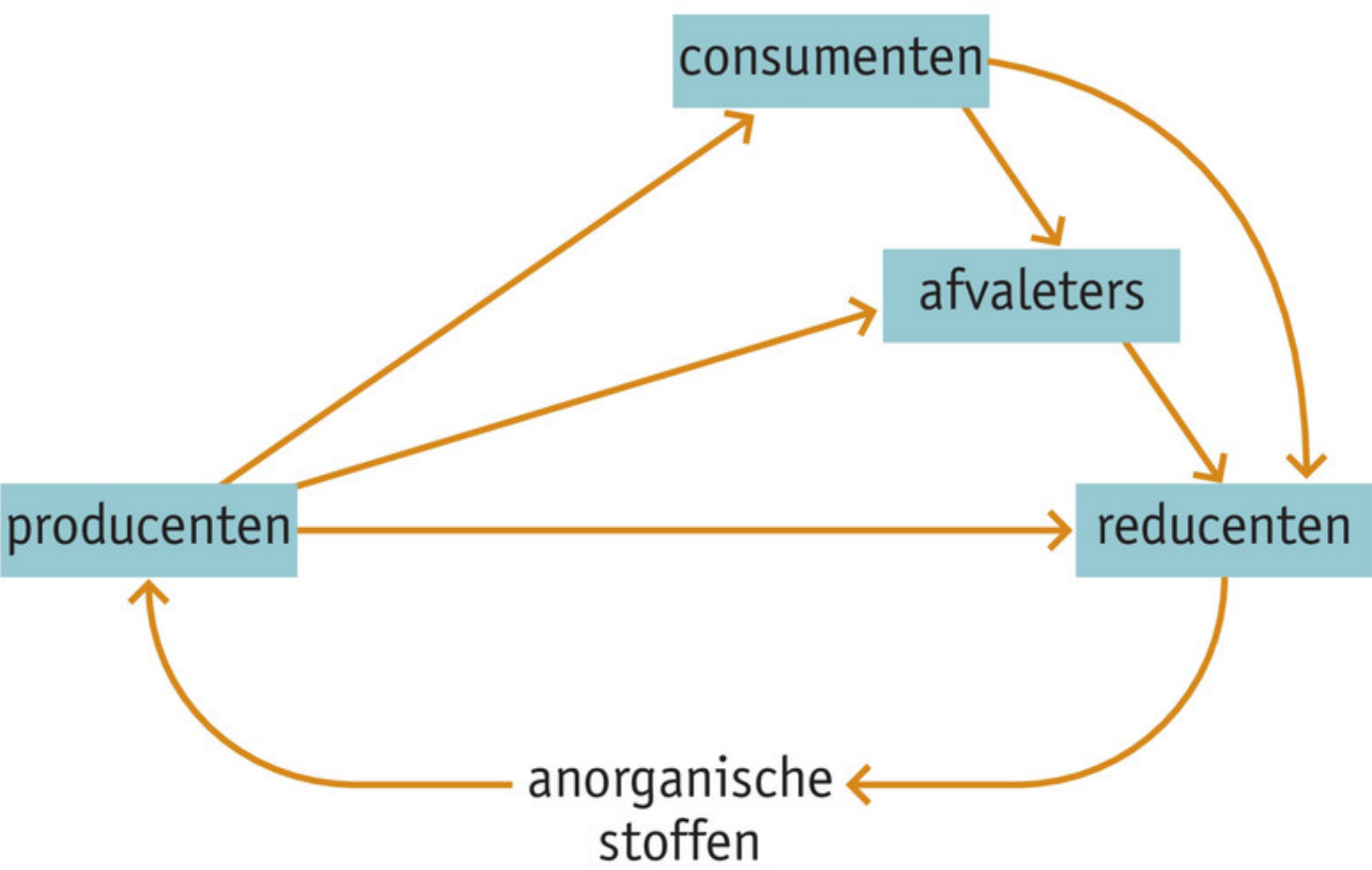
In de grote organische moleculen die heterotrofe organismen tot zich nemen, zijn veel atomen met elkaar verbonden. Om deze bindingen tot stand te brengen, is energie nodig geweest. Door de afbraak van de organische moleculen komt deze energie weer beschikbaar. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij de verbranding van glucose in cellen. De afbraak van organische moleculen noem je **dissimilatie**. De energie die vrijkomt bij dissimilatie kan weer worden gebruikt voor assimilatie (zie afbeelding 19).

► **Afb. 19** Assimilatie en dissimilatie.



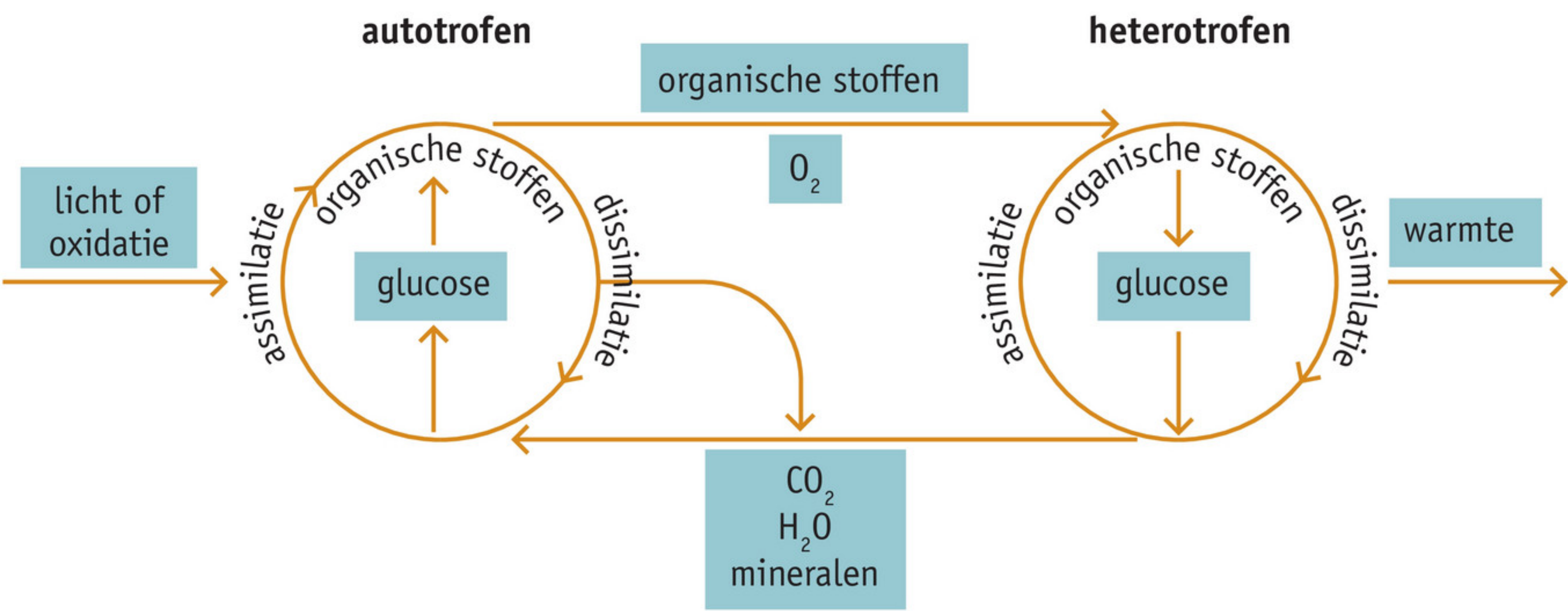
Dode resten van organismen kunnen worden gegeten door afvaleters. Afvaleters (detrivoren) zijn net als alle andere dieren consumenten, met de bijzondere eigenschap dat ze leven van dode resten. De overgebleven dode resten worden door **reducenten** (bacteriën en schimmels) afgebroken tot anorganische stoffen (koolstofdioxide, water, mineralen). Dit heet **mineralisatie**. Producenten kunnen de vrijgekomen anorganische stoffen weer opnemen. Reducenten sluiten de kringloop van stoffen in een ecosysteem (zie afbeelding 20).

► **Afb. 20** De kringloop van stoffen.



Een overzicht van de overdracht van stoffen en energie in een ecosysteem zie je in afbeelding 21.

► **Afb. 21** Overdracht van stoffen en energie tussen organismen en het milieu.



opdrachten

- 16 a Zijn afvaleters consumenten, producenten of reducenten?
- b Leg uit waarom afvaleters niet tot de reducenten worden gerekend.
- c Neem de tabel over en vul hem in. Zet een + als een proces kan plaatsvinden en een – als dat niet het geval is.

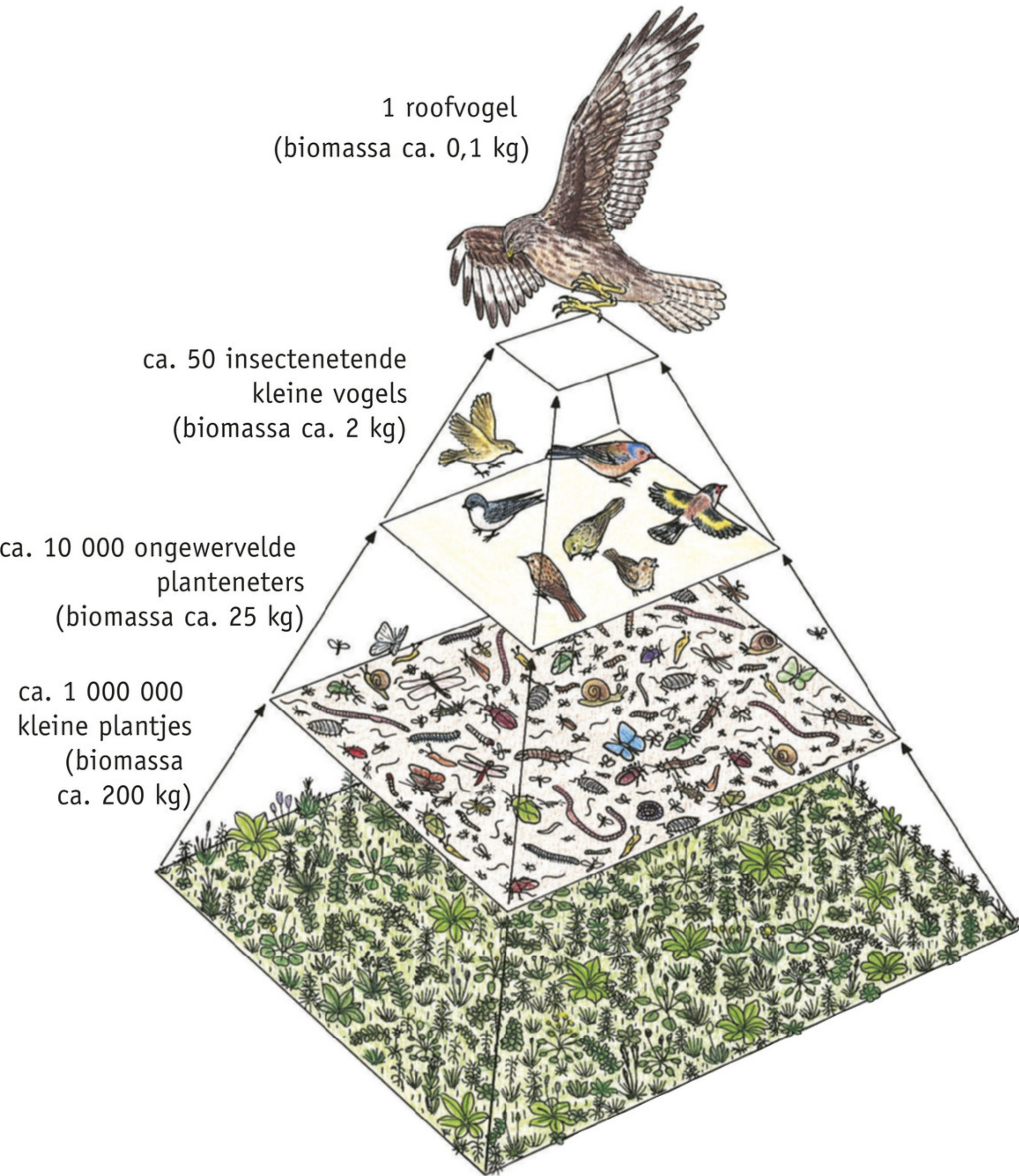
	Assimilatie	Dissimilatie	Koolstofassimilatie
Consumenten			
Producenten			
Reducenten			

- 17 a Wat is chemische energie?
- b Welke moleculen bevatten meer chemische energie: anorganische of organische moleculen? Leg je antwoord uit.
- c Wat gebeurt er met een organisme wanneer er meer assimilatie dan dissimilatie plaatsvindt?

PIRAMIDEN EN STROMEN IN ECOSYSTEMEN

De organismen per trofisch niveau kun je weergeven in een ecologische piramide. In afbeelding 22 zie je per trofisch niveau het aantal organismen en de biomassa van die organismen. De **biomassa** is het totale gewicht van alle organische stoffen.

Afb. 22 Ecologische piramide.



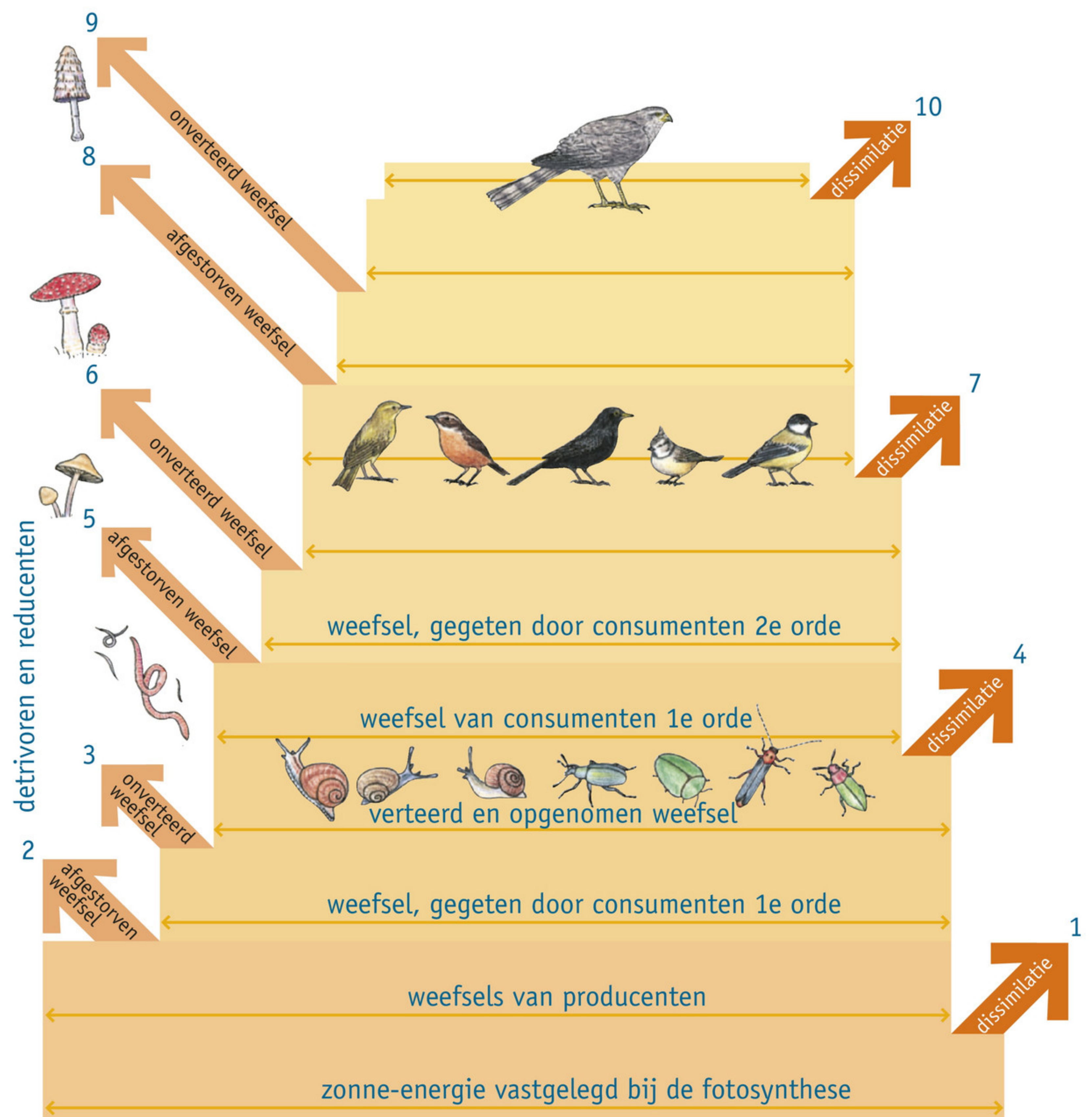
Meestal telt elk trofisch niveau meer organismen dan het volgende niveau. Zo zijn er vele kleine ongewervelde herbivoren die als voedsel dienen voor een klein aantal vogels (zie afbeelding 22). De **piramide van aantallen** heeft dan een piramidevorm met een brede basis en een smalle punt. Het omgekeerde komt ook voor. Het aantal bomen in een bos bijvoorbeeld is kleiner dan het aantal herbivoren (slakken, insecten, zaadetende vogels). In een **piramide van biomassa** wordt de biomassa van elk trofisch niveau grafisch weergegeven. De piramide van biomassa heeft vrijwel altijd een piramidevorm, ook als de piramide van aantallen een afwijkende vorm heeft (zie afbeelding 23).

Afb. 23 Piramiden van dezelfde voedselketen.



Een deel van de biomassa (chemische energie) wordt doorgegeven aan het volgende trofische niveau. Op deze manier ontstaat een energiestroom door het ecosysteem. Afbeelding 24 is een weergave van deze energiestroom.

► **Afb. 24** Energiestroom in een ecosysteem.



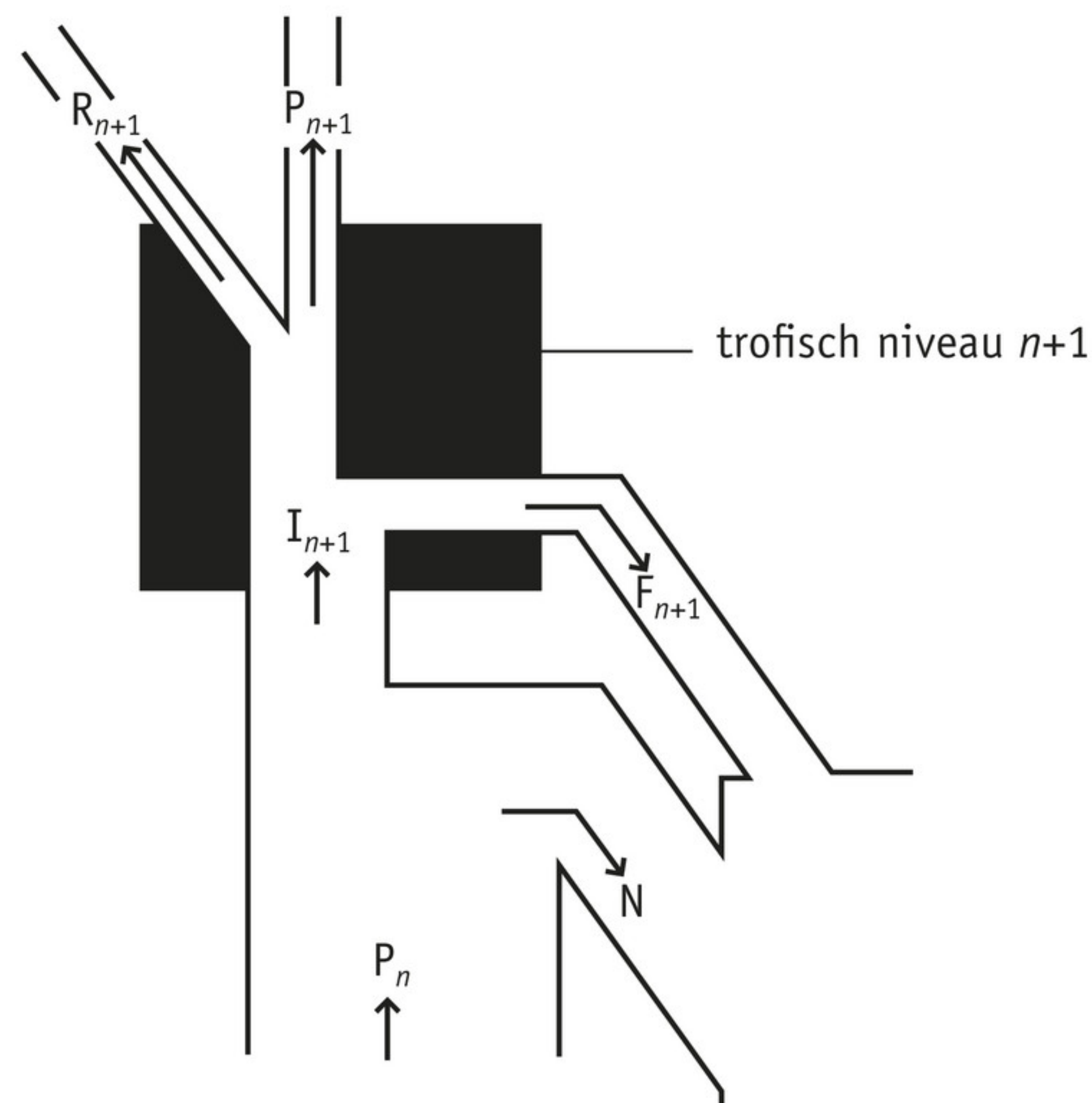
Alle biomassa die in een ecosysteem door producenten wordt gevormd, noem je de **productie** van het ecosysteem. De geproduceerde biomassa wordt voor een deel verbruikt bij de dissimilatie. In afbeelding 24 wordt dit weergegeven door pijl 1. De weefsels van producenten kunnen afsterven en vergaan (pijl 2) of worden gegeten. Als ze worden gegeten, komt de in deze weefsels vastgelegde energie terecht in de lichamen van consumenten van de eerste orde. Een deel van deze weefsels verlaat het lichaam van de consumenten onverteerd met de ontlasting (pijl 3). Een ander deel wordt verteerd. De energie in de verteerde weefsels wordt door de consumenten vrijgemaakt bij de dissimilatie (pijl 4) of benut bij de vorming van nieuwe weefsels.

De consumenten van de eerste orde kunnen sterven en vergaan (pijl 5) of worden gegeten door consumenten van de tweede orde, enzovoort.

opdrachten

- 18** Voedselrelaties kun je weergeven in een ecologische piramide.
- a** Welke ecologische piramide heeft vrijwel altijd een piramidevorm?
 - b** Een bepaalde vlierstruik heeft een biomassa van 40 kg. Van deze vlierstruik leven honderd rupsen, met een gemiddelde biomassa van 10 g. Van deze rupsen leeft één merel met een biomassa van 100 g.
Maak een schematische tekening van een piramide van aantallen van deze voedselketen.
 - c** Maak een schematische tekening van een piramide van biomassa van deze voedselketen.
- 19** In een voedselketen bevatten de consumenten van de eerste orde meer vastgelegde energie dan de consumenten van de tweede orde.
- a** Op welke drie manieren is er tussen deze twee schakels energie uit de voedselketen verdwenen?
 - b** Afbeelding 25 is een weergave van het patroon van energiestromen in een ecosysteem.
Kunnen bacteriën deel uitmaken van trofisch niveau n ? En schimmels? En planten en dieren?
 - c** Wat geeft pijl R_{n+1} aan? Gebruik bij deze opdracht je *BiNaS* (tabel 93A).

► **Afb. 25** Energiestromen in een ecosysteem.

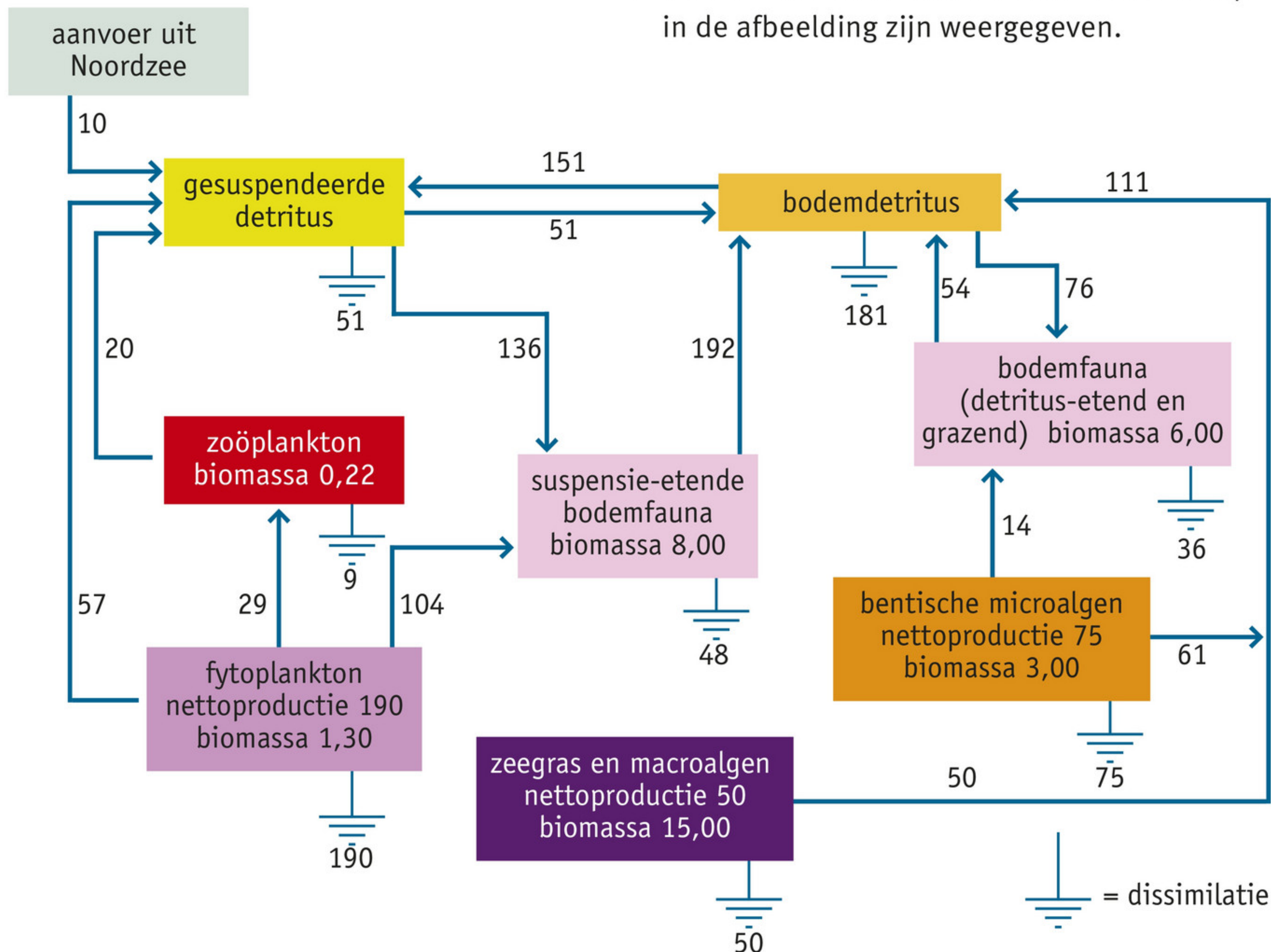


Legenda:

- N = niet-opgegeten deel van de productie
- P_n = productiviteit op trofisch niveau n
- P_{n+1} = productiviteit op trofisch niveau $n+1$
- I_{n+1} = energieopname, in de vorm van organische stof, op trofisch niveau $n+1$
- F_{n+1} = energieverlies door uitwerpselen op trofisch niveau $n+1$

- 20 In afbeelding 26 zie je een vereenvoudigd schema van de koolstofstromen op jaarbasis in het Grevelingenmeer. In het schema geven de pijlen koolstofstromen weer in gram koolstof per vierkante meter op jaarbasis ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$). In de vakken is de productie uitgedrukt (ook in $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$). De gemiddelde biomassa is uitgedrukt in gram koolstof per vierkante meter van het ecosysteem.

▼ **Afb. 26** Koolstofstromen in het Grevelingenmeer.

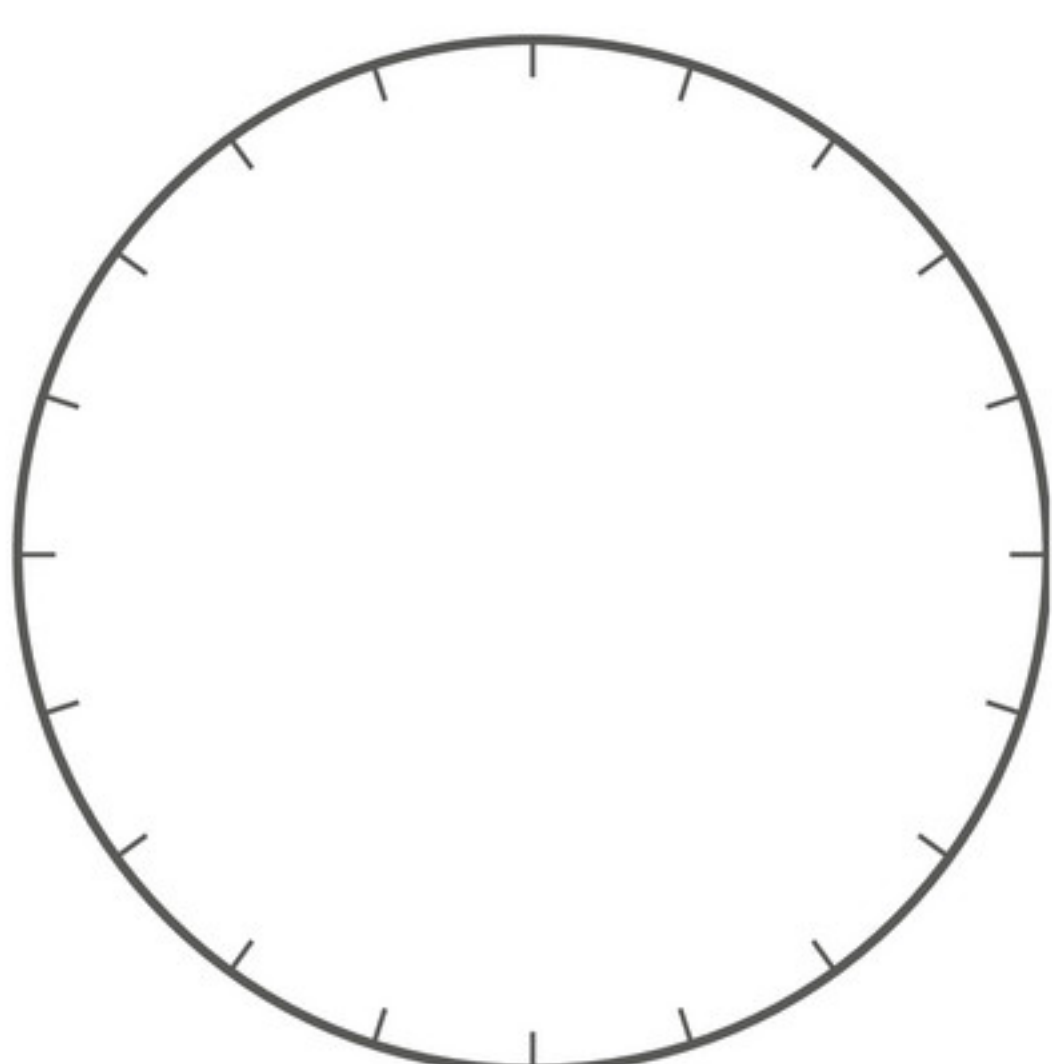


detritus: dood organisch materiaal (afval)

suspensie-etende bodemfauna: bodemdieren die in water zwevende organismen of afgestorven delen daarvan eten

gesuspendeerde detritus en bodemdetrutus: inclusief de reducenten die detritus omzetten in anorganische stoffen

▼ **Afb. 27** Cirkeldiagram.



- 21 Voor veehouderijen is het van belang dat het ecosysteem van hun weilanden zo veel mogelijk oplevert. De productie van een weiland moet voor een zo groot mogelijk deel terechtkomen in vlees en melk van koeien. In een weiland wordt 21 500 kilojoule (kJ) per vierkante meter per jaar vastgelegd in nieuw gevormde plantaardige weefsels. Hiervan nemen koeien 3050 kJ per vierkante meter per jaar aan energie op. Andere planteneters (slakken, insecten, enzovoort) nemen samen 3550 kJ per vierkante meter per jaar op. De rest wordt door reducenten benut, wanneer de planten afsterven en vergaan.
- Bereken hoeveel energie per vierkante meter per jaar is vastgelegd in plantaardige weefsels die afsterven en vergaan.
 - Hoeveel procent van de productie van de planten komt terecht in de koeien, hoeveel in de andere planteneters en hoeveel in de reducenten?
 - Neem het cirkeldiagram van afbeelding 27 over. Geef in het diagram de volgende sectoren weer: *planten die afsterven* – *planten die door andere organismen worden gegeten* – *planten die door koeien worden gegeten*.

- d Van de energie die door koeien wordt opgenomen, verlaat het grootste deel de koeien weer. Van de opgenomen energie komt 62% als onverteerd plantaardig materiaal terecht in de mest. Bij de dissimilatie verbruiken koeien 33% van de opgenomen energie.
Wat gebeurt er met de overige 5% van de opgenomen energie?
- e Neem het cirkeldiagram van afbeelding 27 nogmaals over.
Geef in het diagram de volgende sectoren weer: *plantaardig weefsel dat door koeien wordt gedissimileerd – plantaardig weefsel dat door koeien wordt omgezet in dierlijk weefsel of in melk – plantaardige resten die onverteerd de koeien verlaten – planten die afsterven – planten die door andere organismen worden gegeten.*
- f Twee derde van de wereldbevolking lijdt honger. Sommige mensen beweren dat er geen honger hoeft te worden geleden als iedereen vegetariër zou worden. Leg dat uit.

CONTEXT

Beroep

Vinoloog

- ▼ **Afb. 28** Een vinoloog beoordeelt wijn met zijn zintuigen.



Veel planten produceren tannine als verdediging tegen vraat. Tannine inactieveert eiwitten. Ook mensen kunnen de werking van tanninen ervaren. Bij het drinken van sommige wijnen wordt de mond stroef. Dat komt doordat de wijn tannine bevat, die reageert met eiwitten, zoals het speekselenzym. Dat is speciaal het geval bij rode wijnen. Bij het maken van rode wijn worden de schilletjes niet verwijderd (bij witte wijnen wel). Juist in die schilletjes worden tanninen gemaakt. Oenologen en vinologen weten alles van tanninen in druiven en in wijn. Een oenoloog is iemand die aan een universiteit een academische graad heeft gehaald in de wijnkunde. Oenologen hebben vooral kennis van biochemische processen. Vinologen zijn niet academisch geschoold, maar hebben wel een officieel erkend diploma op zak. Zij weten alles over wijnbouw, druivenrassen, wetgeving en marketing, kunnen wijnen beoordelen met hun zintuigen en weten welke wijn je moet combineren met welke spijs. Magister vini is de hoogste graad die je in de vinologie kunt bereiken.

opdrachten

- 22 Op veel wijnflessen wordt aangegeven met welke gerechten de wijn goed samengaat. Zo zouden witte wijnen speciaal combineren met visgerechten en rode wijnen met vleesgerechten en kazen.
Waarom gaat juist rode wijn goed samen met kazen?
- 23 Het tanninegehalte van druiven staat onder invloed van het klimaat en heeft invloed op de smaak van wijn. In Nederland komen door de klimaatverandering steeds meer wijngaarden. Een van de eerste was Wijn domein 'De Vier Ambachten' in Simonshaven, niet ver van Rotterdam. Zoek op internet twee problemen waarmee deze (of een andere) wijnmaker in Nederland te maken kreeg, en hoe ze deze problemen hebben opgelost.
- 24 Een vinoloog moet onder andere weten hoe wijnen worden geproduceerd. Leg uit wat dit te maken heeft met biologie.

Leerdoelen

- Je kunt enkele ecosystemen beschrijven aan de hand van kenmerkende soorten.
- Je kunt veranderingen in een ecosysteem beschrijven.
- Je kunt in een model gegeven informatie over ecosystemen gebruiken, bewerken en analyseren.

▼ **Afb. 29** Na 35 jaar is het zandlichaam van de A4 overgroeid met planten.



tracé A4 zonder begroeiing



tracé A4 overwoekerd met planten

4 Veranderende ecosystemen

In 1972 werd begonnen met de aanleg van de snelweg A4 tussen Delft en Schiedam. Een zandlichaam werd opgespoten. In 1976 werd het werk stopgezet. Vijfendertig jaar later werden de werkzaamheden hervat. Intussen was het zandlichaam overwoekerd met planten.

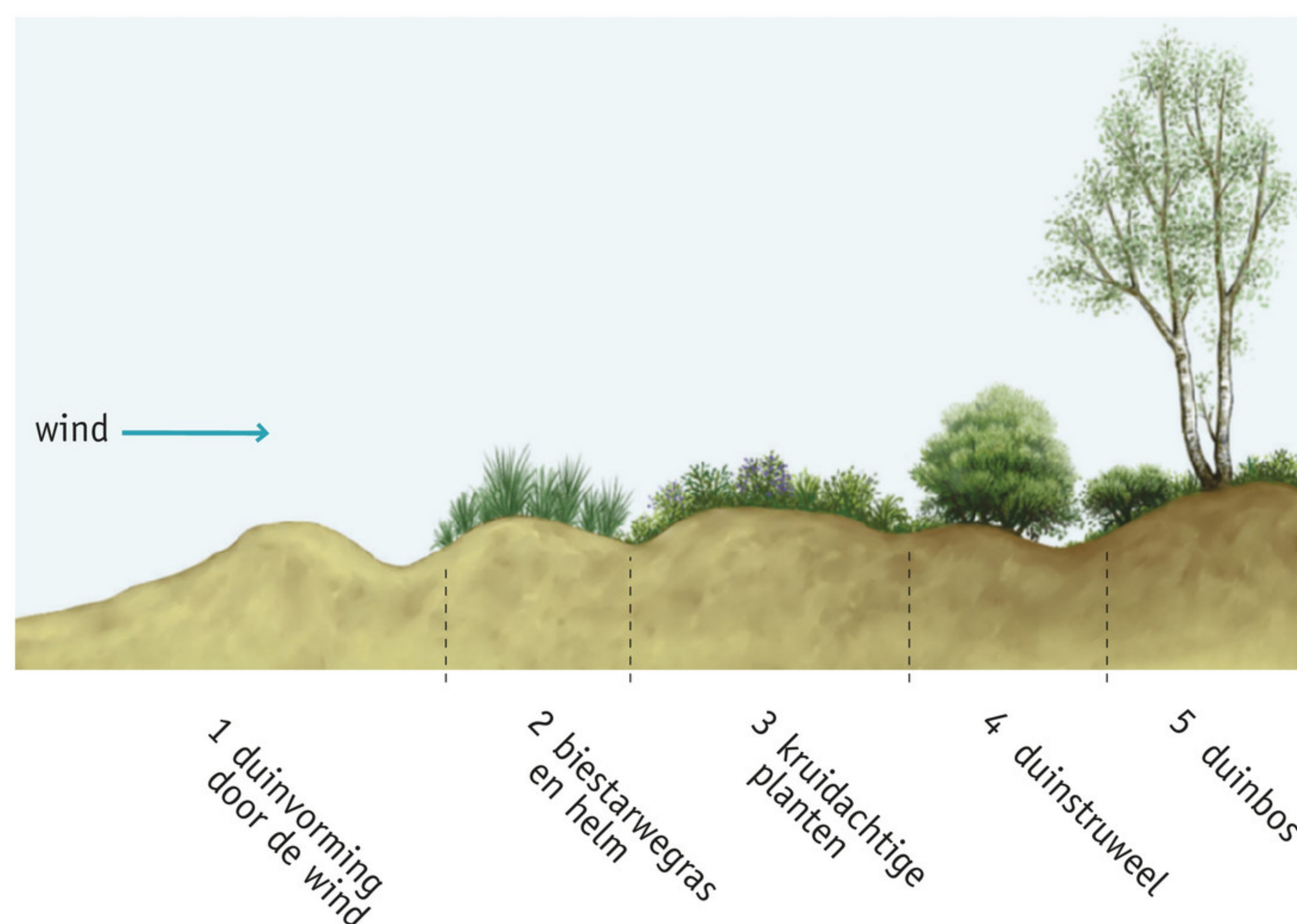
PIONIER- EN CLIMAXECOSYSTEEM

Als een grote hoop zand enige tijd blijft liggen, zullen er na verloop van tijd planten op groeien. Onder de eerste planten tref je maar weinig verschillende soorten aan. Een paar jaar later is er een dichtere begroeiing met meer soorten (zie afbeelding 29).

Op een kaal stuk zand zijn de omstandigheden voor organismen zeer ongunstig. De eerste planten moeten bestand zijn tegen barre omstandigheden. Als ze worden ondergestoven, moeten ze weer boven het zand uit groeien. Als ze worden blootgewaaid en losgerukt, moeten ze zich opnieuw vastzetten. Slechts weinig planten zijn bestand tegen deze moeilijke omstandigheden.

In een duingebied verschijnt op een pasgevormd duin eerst biestarwegras, gevolgd door helm (zie afbeelding 30). Al snel zullen de eerste diertjes zich tussen de planten vestigen, zoals springstaarten. Biestarwegras, helm en springstaarten zijn **pioniersoorten**. Samen vormen ze een **pionierecosysteem**.

▼ **Afb. 30** Successie in een duingebied.



Als de eerste planten zich hebben gevestigd, stuift het zand minder vaak weg. Door afgestorven planten ontstaat humus. Er kunnen zich nu andere soorten vestigen. Biestarwegras en helm worden verdrongen door andere soorten kruidachtige planten. Als gevolg daarvan komen er ook andere soorten dieren. Bovendien worden de abiotische factoren gematigder. Overdag wordt het in de

schaduw van de planten minder heet, 's nachts houden de planten warmte vast. Hierdoor wordt het terrein geschikt voor steeds meer soorten planten en dieren. De soortensamenstelling verandert, zodat het ecosysteem geleidelijk overgaat in een ander systeem. Dit proces heet **successie**. Gedurende de successie is de productie van weefsels in een ecosysteem groter dan de afbraak van weefsels. Het gevolg is dat de biomassa toeneemt.

Tijdens de successie neemt de **biodiversiteit** (soortenrijkdom, verscheidenheid aan organismen) in een ecosysteem toe. Er ontstaan verschillende lagen in de vegetatie: mossen en kruidachtige zaadplanten laag bij de bodem, daarboven struiken en bomen. Het eindstadium van successie is een **climaxecosysteem**:

- de abiotische factoren en de soortensamenstelling zijn min of meer constant;
- de productie is ongeveer even groot als de afbraak van weefsels, waardoor de biomassa nagenoeg gelijk blijft;
- de kringloop van stoffen is gesloten: er vindt weinig uitwisseling plaats met de omgeving van het ecosysteem.

In het climaxecosysteem bereikt de biodiversiteit zijn maximale waarde.

Voorbeelden van zulke climaxecosystemen zijn tropische regenwouden, koraalriffen en loofbossen. Elk climaxecosysteem heeft zijn kenmerkende soorten. In een meer komen bijvoorbeeld waterpestplanten, watervlooien, brasems en voorns voor. In een naaldbos zijn dat onder andere douglasspar, grove den, bekersmos en zwarte specht.

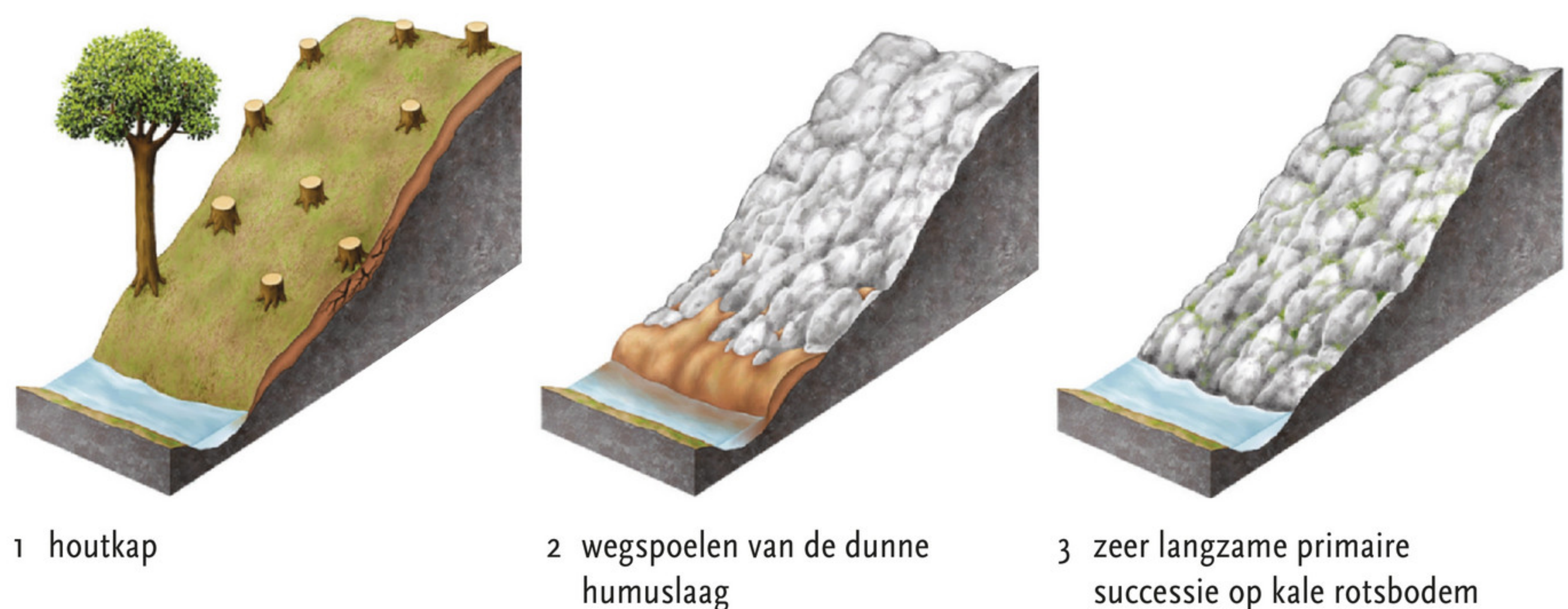
PRIMAIRE EN SECUNDAIRE SUCCESSIE

Climaxecosystemen zijn kwetsbaar voor veranderingen van buitenaf. Tropische regenwouden bijvoorbeeld zijn zeer kwetsbaar doordat de bodem slechts weinig humus bevat. De diversiteit aan afvaleters en reducenten is er groot, waardoor dode planten en dierenresten snel worden omgezet in mineralen. De vrijkomende mineralen worden vrijwel direct door de planten opgenomen. De mineralen bevinden zich slechts korte tijd in de bodem. De kringloop in een climaxecosysteem is gesloten.

Als in een tropisch regenwoud bomen worden gekapt en afgevoerd, komt de bodem bloot te staan aan regen en wind. Er kan dan erosie optreden. Daarbij spoelt of waait de bovenste laag van de bodem, met de kleine hoeveelheid humus, gemakkelijk weg.

In gebieden waar erosie heeft plaatsgevonden, bevat de ondergrond vrijwel geen humus meer. De successie moet dan helemaal van voren af aan beginnen. Dit noem je **primaire successie**. Het kan tientallen jaren duren voordat zulke gebieden weer begroeid raken (zie afbeelding 31).

► **Afb. 31** Primaire successie na erosie.



Als een stuk loofbos is gekapt, blijft een kale plek achter waar de abiotische factoren ongunstig zijn voor de organismen. Toch raakt de kale plek meestal weer snel begroeid. Dat komt doordat de successie niet helemaal van voren af aan hoeft te beginnen, zoals bij een tropisch regenwoud na erosie. De bodem van het loofbos bevat al humus, vooral in de bovenste laag. Soorten uit de omgeving kunnen zich er snel en gemakkelijk vestigen. De kringloop van stoffen is open. Er kan gemakkelijk bodemmateriaal worden afgevoerd, maar er kunnen ook gemakkelijk populaties immigreren. Hierdoor is sprake van **secundaire successie**. Op een kaal stuk bosgrond verschijnen eenjarige planten het eerst. Dit pionierecosysteem is slechts korte tijd aanwezig. De eenjarige planten worden verdrongen door tweejarige en overblijvende planten. Daarna verloopt de successie naar het climaxecosysteem in een snel tempo.

INDICATORSOORTEN

In Nederland bestaat een vrij scherpe scheiding tussen kalkrijke duinen en kalkarme duinen. Je vindt bepaalde soorten planten wel in kalkarme en niet in kalkrijke delen (bijvoorbeeld dopheide en struikheide) en omgekeerd (bijvoorbeeld duinroos en slangenkruid). Soorten die een aanwijzing geven over een kenmerk van het milieu heten **indicatorsoorten**.

►► PRACTICUMOPDRACHT 2

opdrachten

- 25** Tussen een pionierecosysteem en een climaxecosysteem bestaan grote verschillen.
- a** Noteer bij elk kenmerk of het hoort bij een pionierecosysteem (P) of een climaxecosysteem (C).
 - 1 gematigde abiotische factoren
 - 2 humusrijke bodem
 - 3 verschillende lagen in vegetatie
 - 4 kleine biodiversiteit
 - 5 eenvoudig voedselweb
 - 6 grote biomassa
 - 7 productie is groter dan afbraak
 - 8 open kringlopen
 - b** Waardoor kan op een onbegroeide hoop zand niet meteen een climaxecosysteem ontstaan?
 - c** In een ecosysteem kan door erosie bodemmateriaal worden afgevoerd. Bij welk ecosysteem heeft dat de grootste gevolgen: bij een pionierecosysteem of bij een climaxecosysteem? Leg je antwoord uit.
- 26** Door schapen te laten grazen op een heide handhaaft de mens een bepaald stadium in de successie.
- a** Wat gebeurt er met de heide als de successie niet wordt tegengehouden? Maak eventueel gebruik van naslagwerken en/of internet.
 - b** Er zijn mensen die vinden dat je de natuur zijn gang moet laten gaan. Anderen vinden juist dat je moet ingrijpen in de natuur. Het tegengaan van successie is een voorbeeld van het laatste. Voer met een medeleerling een discussie. De een verdedigt het standpunt dat je de natuur zijn gang moet laten gaan, de ander dat je moet ingrijpen. Noteer de argumenten voor en tegen. Noteer ook jullie conclusie.

- 27

Studenten die een opleiding toegepaste biologie aan een hbo volgen, kunnen op het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW) stage lopen.

a

Ga naar de website van het NIOO-KNAW en zoek uit welke stages er zijn.

b

Een aantal stagiair(e)s op het Nederlands Instituut voor Ecologie is afkomstig van de Hogeschool Van Hal Larenstein in Leeuwarden en de HAS Hogeschool in Den Bosch en Venlo.

Ga naar de website van deze hogescholen en zoek uit welke biologisch gerichte opleiding jou het meest aanstaat en welke het minst. Noteer ook je argumenten.
- 28

Successie is niet de enige factor die van invloed is op de soorten-samenstelling in een ecosysteem. Het onderzoek van afbeelding 32 is daarvan een voorbeeld.

a

Wat verwacht je op basis van de hypothese dat er gebeurt als er geen zeesterren meer zijn?

b

De onderzoeksvraag is niet erg precies geformuleerd.
Maak de onderzoeksvraag zó concreet dat deze kan worden beantwoord door een experiment uit te voeren.

c

Beschrijf stap voor stap een experiment (werkplan) waarmee je kunt nagaan of de hypothese juist is.

▼ Afb. 32

ONDERZOEK		DE INVLOED VAN PREDATIE OP DE SOORTENRIJKDOM
Inleiding	In een getijdenzone langs de kust bestaat een bepaalde variatie aan soorten. Er leven onder andere wieren, verschillende soorten zeepokken, mossels en zeesterren. De zeesterren staan aan het eind van de voedselketens: ze eten de zeepokken en de mossels.	
Onderzoeksvraag	Wat is het effect van predatoren zoals de zeester op de variatie aan soorten?	
Hypothese	Door predatoren blijft de variatie aan soorten beperkt.	
Experiment		
Resultaat	 1 vóór het experiment  2 na korte tijd  3 na langere tijd	
Conclusie	Een predator als de zeester heeft een positieve invloed op de soortenrijkdom. De hypothese moet worden verworpen.	

29 In dit thema zijn diverse ecosystemen genoemd. Neem de tabel over en vul de organismen in bij het juiste ecosysteem. Kies uit: *brasem – dopheide – grove den – muggenlarven – slangenkruid – zwarte specht*.

Ecosysteem	Soorten
duin	
heide	
meer	
naaldbos	

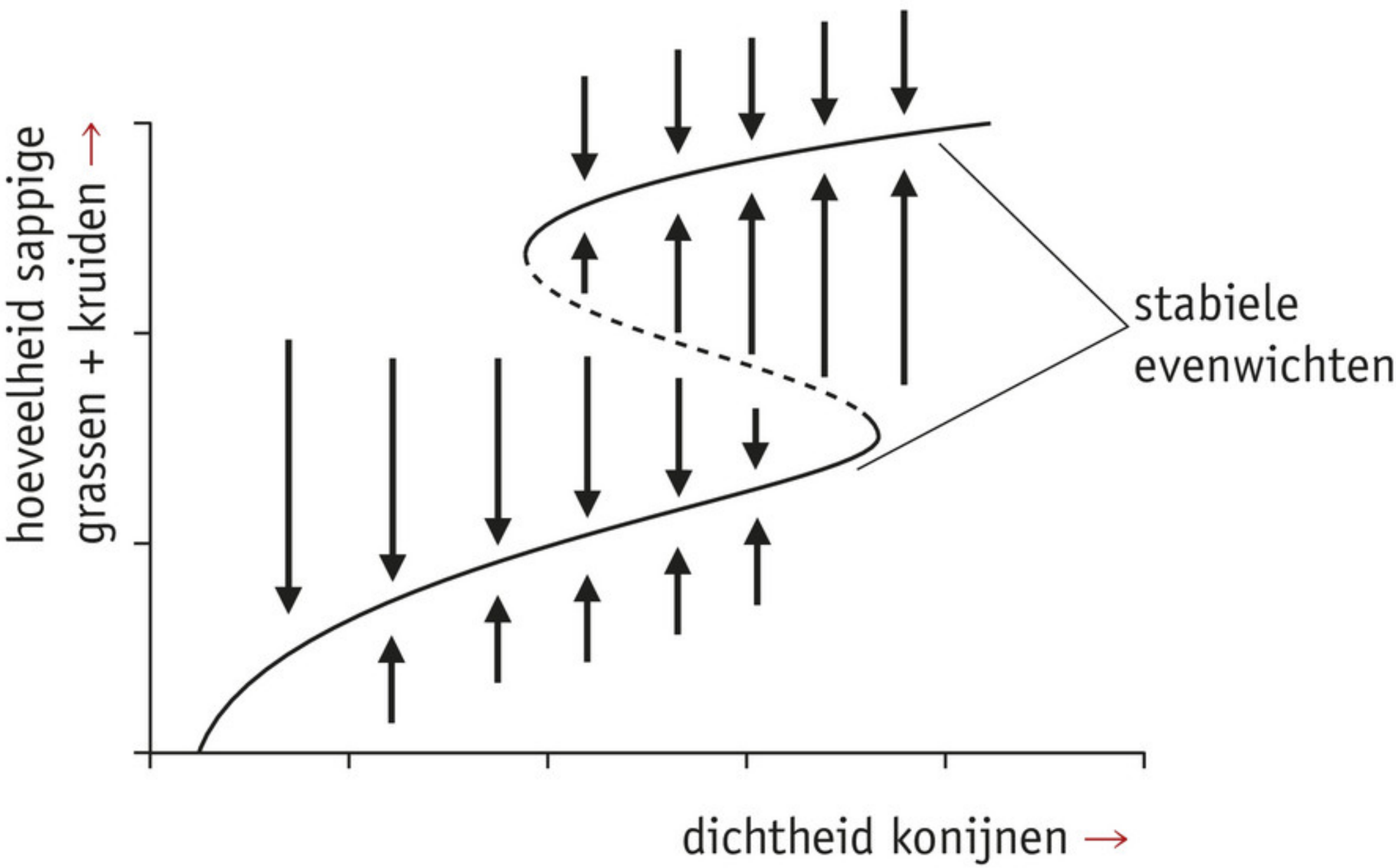
MODELLEREN VAN DE NATUUR

Biotische en abiotische factoren kunnen veranderen, waardoor de soorten-samenstelling verandert. Dit zijn complexe processen waarin veel factoren invloed op elkaar hebben. Om die processen te doorgronden is veel onderzoek nodig. Dat kost tijd en veel geld. Een alternatief is modelleren. Dat is het maken en uitproberen van modellen. Een model is een vereenvoudigde voorstelling van de werkelijkheid. Doordat het bij een ecosysteem gaat om een dynamisch systeem, is een computermodel handig. Een dynamisch systeem verandert in de loop van de tijd, en een computermodel kan die complexe processen snel doorrekenen.

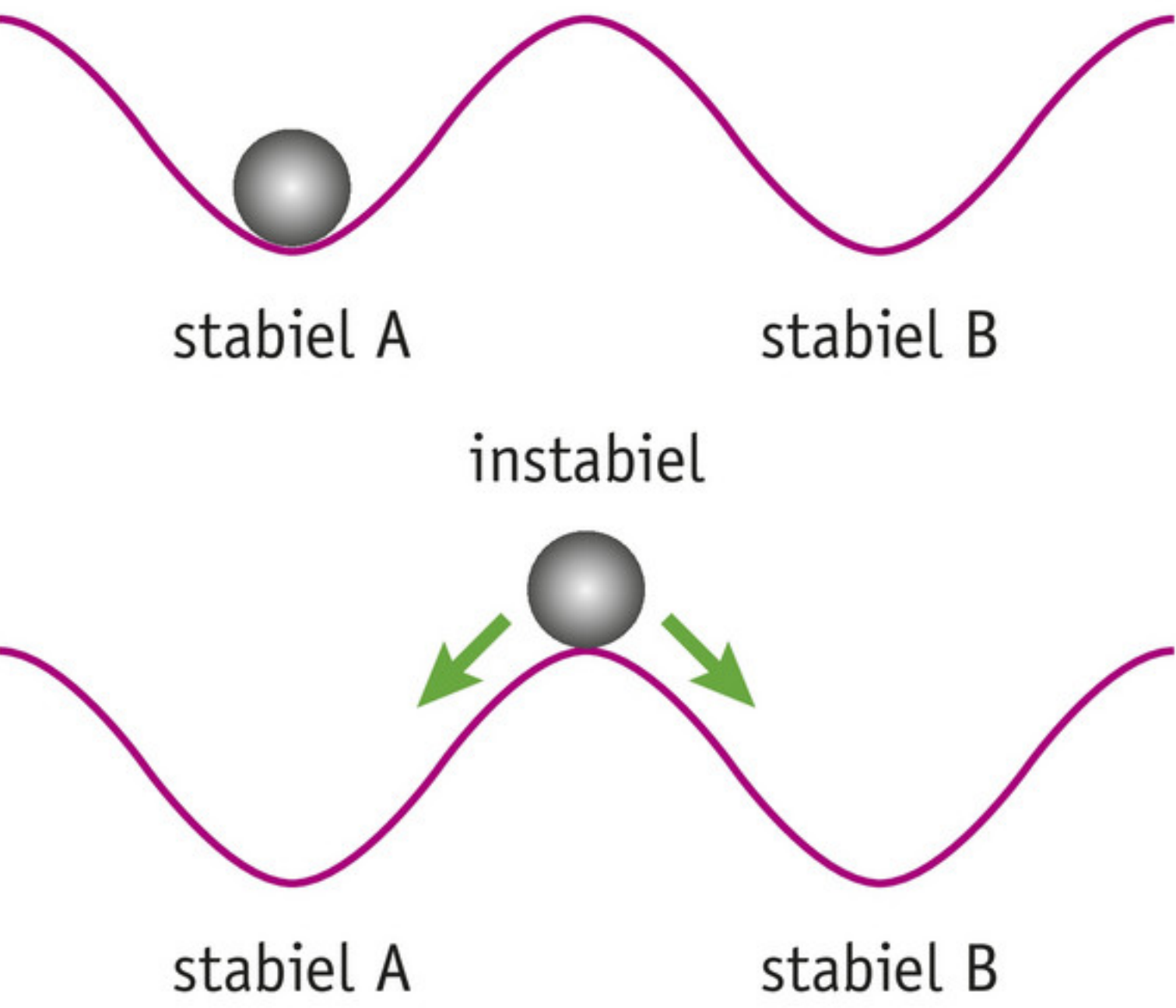
TWEE EVENWICHTSSITUATIES

Konijnen eten grassen, maar ook jonge plantjes van duinriet, zandzegge en struiken. Als die planten niet worden weggegeten, verdringen ze de grassen. Bij een lage dichtheid aan konijnen zijn er daardoor weinig grassen en kruiden. Bij een hoge dichtheid aan konijnen zijn er juist veel grassen en kruiden. Beide situaties zijn stabiel, dus in beide situaties is er een biologisch evenwicht (zie afbeelding 33).

► Afb. 33 De hoeveelheid sappige grassen en kruiden als functie van de dichtheid aan konijnen in het duin.



▼ Afb. 34 De relatie tussen twee evenwichten.



Bevindt een systeem zich in een van beide toestanden, dan houdt het zichzelf in stand. Bij een kleine verstoring zal het terugkeren naar het evenwicht waarin het zich bevond. Dit is in afbeelding 34 weergegeven met een balletje in een landschap met twee dalen met daartussen een heuvel. Als het balletje in een dal ligt, is de toestand stabiel. Bij een klein duwtje rolt het balletje iets de helling op, maar valt daarna weer terug in het dal (evenwicht). De instabiele toestand is de heuvel. Daar is een klein zetje al genoeg om het balletje naar een van de twee evenwichtstoestanden te doen bewegen. Om van het ene dal naar het andere te komen, heeft het balletje een flinke duw nodig.

Een voorbeeld van zo'n flinke duw is een epidemie onder de konijnen. De konijnenpopulatie neemt hierdoor sterk af. De houtachtige planten in het duin, zoals duinriet, zandzegge en struiken, krijgen nu de kans om groot te worden. Ze kunnen dan de grassen en kruiden verdringen. Voor de konijnen is hierdoor niet voldoende voedsel meer, want de volwassen houtachtige planten kunnen ze niet verteren. De populatie konijnen zal niet meer zo groot kunnen worden als voor de epidemie. Er ontstaat een nieuw evenwicht.

► PRACTICUMOPDRACHT 3

opdracht

- 30 In afbeelding 33 zie je twee evenwichtssituaties.
- Noteer een biotische of abiotische factor die de aanwas van sappige grassen en kruiden remt.
 - Noteer een biotische of abiotische factor die de aanwas van duinriet, zandzegge en struiken bevordert.
 - Wat stellen de pijlen in de afbeelding voor?
 - Leg uit waardoor het systeem met weinig sappige grassen en kruiden stabiel is en dus niet gemakkelijk omslaat, ook al zijn er veel konijnen.

CONTEXT

Wetenschap

▼ Afb. 35 Sayaguesa-rund.



Spaanse runderen op de Wadden

Je moet niet verbaasd zijn als je op Schiermonnikoog plotseling oog in oog komt te staan met een kudde gevaarlijk ogende Sayaguesa's. Dat zijn runderen die behoren tot een zeldzaam Spaans ras. Ze zijn daar neergezet door Natuurmonumenten om het dichtgroeien van de duinen met grassen en struiken tegen te gaan. Natuurmonumenten wil daarmee open stuivende duinen behouden. Dit type duinen is bezig te verdwijnen door het hoge gehalte aan stikstof in de lucht, waardoor grassen en struiken goed gedijen. Ook de ineenstorting van de populatie konijnen speelt een rol. Voorheen deden die zich tegoed aan grassen en zaailingen van bomen en struiken.

Sayaguesa's eten hoge grassen. Er zijn plannen om ook wisenten en Exmoorpony's in te zetten. Wisenten eten gras, takken, struiken en de bast van bomen. Exmoorpony's knabbelen de vegetatie laag af. Natuurmonumenten hoopt dat met de open duinen ook soorten als de duinparelmoervlinder, blauwe kiekendief, honingorchis en rozenkransje terugkeren in het duinlandschap.

opdracht

- 31 Sayaguesa's gaan de successie tegen in het duinlandschap van Schiermonnikoog.
- Waardoor wordt de successie in het duinlandschap van Schiermonnikoog veroorzaakt?
 - Waarom wil Natuurmonumenten de successie van het duinlandschap op Schiermonnikoog tegengaan?
 - In afbeelding 30 zie je de verschillende stadia van successie in een duingebied.
Met welk van deze stadia komt het beoogde open duinlandschap het meest overeen?

Leerdoelen

- Je kent de voornaamste oorzaken en gevolgen van milieuproblemen.
- Je kunt uitleggen wat onder duurzame ontwikkeling wordt verstaan.
- Je kent maatregelen voor natuurbescherming.

5 Duurzaamheid en natuurbescherming

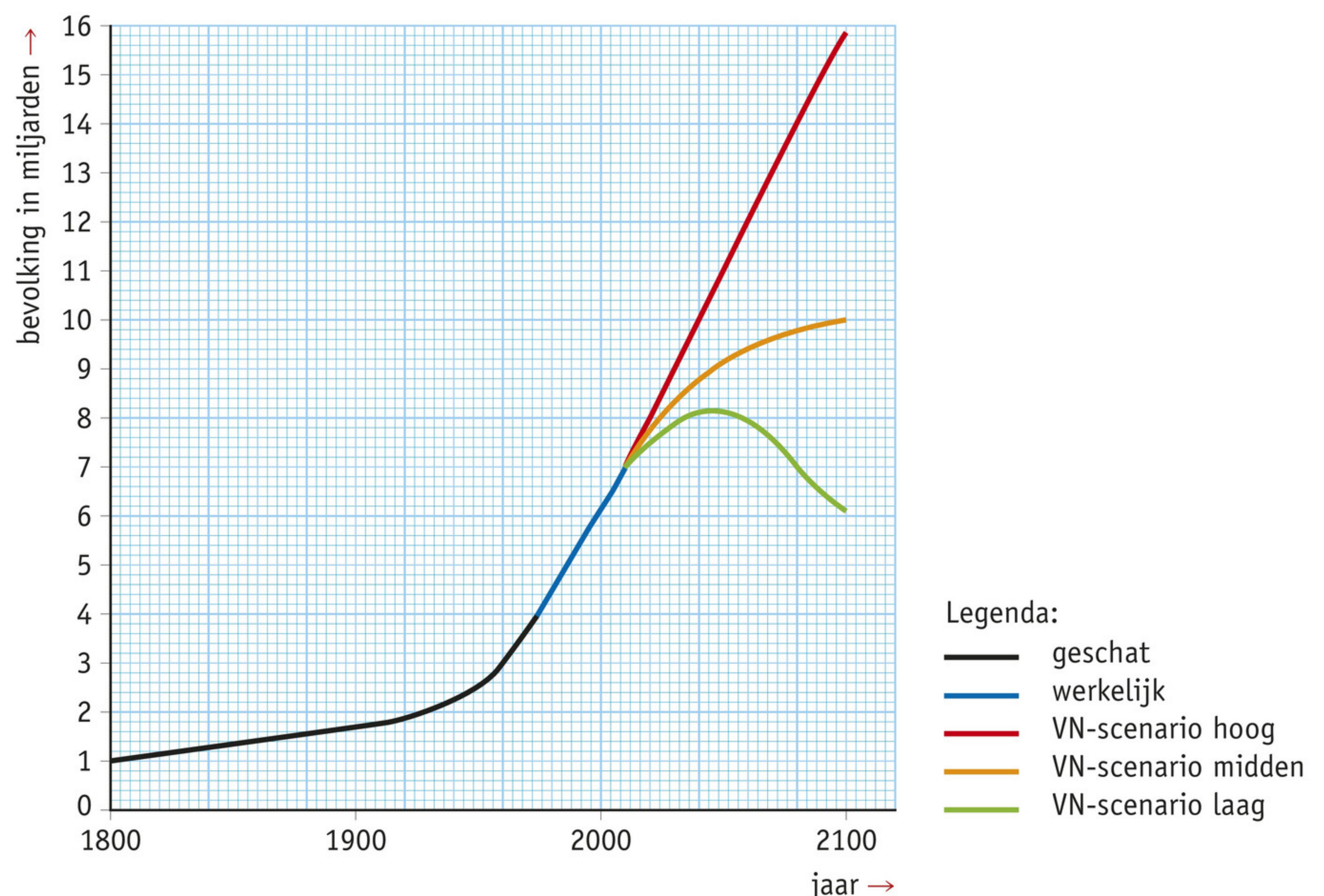
Nederland is een van de dichtstbevolkte gebieden van de wereld. Toch wordt maar 14% van het landoppervlak gebruikt voor gebouwen en wegen. De rest bestaat uit water (10%) of is groen (76%). Maar slechts 14% van dat groene Nederland is natuur, de rest is landbouwgrond.

MENSEN BEÏNVLOEDEN HET MILIEU

Menselijk ingrijpen verstoort het natuurlijk milieu, waardoor allerlei milieuproblemen ontstaan. We voegen stoffen aan het milieu toe, wat kan leiden tot vervuiling. Als we veel stoffen aan het milieu onttrekken, ontstaat juist uitputting. Als we het milieu ernstig veranderen, spreek je van aantasting.

Om het milieu te kunnen beschermen moet je de oorzaken van de milieuproblemen goed in beeld hebben. Belangrijke oorzaken zijn de enorme bevolkingstoename en de levenswijze van de mensen van nu. De wereldbevolking is de laatste honderd jaar explosief gegroeid en zal de komende tijd nog verder groeien (zie afbeelding 36). Hierdoor neemt de druk op het milieu toe. Ecosystemen kunnen hierdoor uit evenwicht raken.

► **Afb. 36** Groei van de wereldbevolking.



Mensen zijn sinds de industriële revolutie in de negentiende eeuw ook anders gaan leven. Door een toename van gemotoriseerd vervoer en machines zijn er veel meer wegen en vliegtuigen gekomen en is de uitstoot van verbrandingsgassen sterk gestegen. Door groeiende welvaart en consumptie putten we de natuurlijke energiereserves en grondstofvoorraden uit en komen er afvalstoffen vrij. Vooral in de chemische industrie komen afvalstoffen vrij, waarvan sommige giftig zijn. Deze afvalstoffen zijn zeer schadelijk als ze in het milieu terechtkomen.

▼ **Afb. 37** Verandering van het landschap.

1 landschap in 1950



2 landschap in 2016

VERANDERINGEN IN LANDBOUW EN LANDSCHAP

Door technologische ontwikkelingen en de groei van de wereldbevolking is ook de landbouw in grote delen van de wereld sterk veranderd. Steeds meer mensen hebben voedsel nodig, waardoor steeds meer landbouwgrond nodig is en landbouwbedrijven met steeds grotere machines zijn gaan werken (zie afbeelding 37). In Nederland zijn door het ruilen van stukken land (ruilverkaveling) grotere bedrijven gecreëerd, waardoor het karakter van het landschap sterk is veranderd.

DUURZAME ONTWIKKELING

Als onze vooruitgang niet ten koste gaat van de huidige generatie mensen of de natuur en ook niet van de generaties die na ons komen, is er sprake van **duurzame ontwikkeling**. Bij duurzame ontwikkeling blijven mensen zich wel ontwikkelen, maar gaan daarbij op een verantwoorde wijze met hun omgeving om. Bij duurzame processen worden producten hergebruikt of gerecycled. Bij **hergebruik** worden producten of delen daarvan opnieuw gebruikt. Kleding, meubels en auto's zijn voorbeelden van producten die opnieuw gebruikt kunnen worden.

Recyclen (afkomstig van het Engelse woord recycling: in een kring rondgaan) is het opnieuw gebruiken van grondstoffen en materialen voor een vergelijkbaar doel of voor een ander doel. Zo kan glas als grondstof dienen voor het maken van glazen producten (vergelijkbaar doel) en kan plastic worden verbrand voor energie (ander doel). Om iets te kunnen recyclen dient het voorafgaand gesorteerd te worden. In Nederland gebeurt dit vaak in containers voor papier, plastic en glas. Ook groente-, fruit- en tuinafval (gft) en klein chemisch afval worden vaak gescheiden.

Door te recyclen of te hergebruiken zijn er minder grondstoffen nodig. Voor het maken van papier hoeven er minder bomen te worden gekapt en voor het maken van plastic hoeft er minder aardolie uit de bodem te worden gepompt. Ook hoeven er minder natuurgebieden te worden opgeofferd voor de productie van katoen voor de kledingindustrie. Ten slotte is er minder uitstoot van schadelijke gassen en CO₂, doordat hergebruik of recyclen minder energie kost. Al deze ontwikkelingen kunnen leiden tot **duurzaamheid**, waarbij de maatschappij voor onbepaalde tijd productief kan blijven, zonder dat dit ten koste gaat van de omgeving.

Niet alle producten kunnen worden hergebruikt of zijn recyclebaar. Deze producten eindigen bij het restafval.

opdrachten

- 32 De begrippen toevoeging, onttrekking en verandering worden vaak gebruikt in artikelen over milieuproblemen. Ze hangen nauw samen met de begrippen vervuiling, uitputting en aantasting. Leg dit uit.
- 33 Op welke twee manieren kan afval ontstaan?
- 34 a In Nederland worden kantoorpanden soms omgebouwd tot appartementen. Is dit recyclen of hergebruiken? Leg je antwoord uit.
b Bierflesjes worden na gebruik weer opgehaald, schoongespoeld en opnieuw gevuld met bier. Is hier sprake van recyclen of van hergebruik? Leg je antwoord uit.
c Glazen jampotjes worden na gebruik in de glascontainer gegooid. Het glas wordt hierna weer gebruikt om andere glazen potjes van te maken. Is hier sprake van recyclen of van hergebruik? Leg je antwoord uit.
- 35 Noem twee voordelen van hergebruik.
- 36 Noem twee nadelen van hergebruik.

- 37 Amerikaanse onderzoekers hebben een methode ontwikkeld om kleding, schoenen en handtassen te maken van restjes komboecha-thee. Door er suiker, azijn, bacteriën en gist aan toe te voegen veranderen theeblaadjes in een leerachtige materie. Het materiaal is volledig afbreekbaar door reductanten. Hierdoor eindigt de kleding niet op de vuilnisbelt, maar in de grond.
Is dit een voorbeeld van een duurzaam proces? Leg je antwoord uit.
- 38 Op een website van een adviesbureau staat: ‘Cradle-to-cradle (C2C) is een andere manier van denken over het ontwerpen van producten en processen, ontwikkeld door William McDonough en Michael Braungart. De kern van deze filosofie is dat materialen die in het ene product zijn gebruikt op een hoogwaardige manier worden hergebruikt in een volgend product, in een technische of in een biologische cyclus.’
- Leg uit wat de overeenkomst is tussen cradle-to-cradle en hoe de natuur omgaat met afval en energie.
 - Bedenk zelf een cradle-to-cradle proces, bijvoorbeeld voor een schooltas of voor schoolmeubilair.

▼ Afb. 38 Houtkap in het amazonegebied.



▼ Afb. 39 Konikpaarden in de Oostvaardersplassen.



NATUURBESCHERMING

De bevolkingstoename, de veranderde levenswijze en de opkomst van de grootschalige landbouw en veehouderij hebben een grote invloed gehad op de hoeveelheid natuurlijk terrein en bos en de daar levende planten en dieren. In de hele wereld zijn grote gebieden natuurgrond in cultuur gebracht, om meer landbouwgrond te krijgen of te bebouwen voor huisvesting. Daarvoor worden hele bossen gekapt. In afbeelding 38 zie je een voorbeeld van houtkap in het Amazonegebied. Het kappen van bossen heeft **gevolgen voor de biodiversiteit**. Vele plantensoorten zijn in aantal afgenomen of zelfs verdwenen. Door ruimte- en voedselgebrek neemt ook het aantal dieren af en zijn sommige dieren uitgestorven. Het kappen van bossen zorgt hiermee voor een afname van de biodiversiteit. De overheid en diverse organisaties beschermen de natuur tegen de invloed van de mens. Deze natuurbescherming is gericht op het behouden of het ontwikkelen van natuur en de biodiversiteit en wordt **natuurbeheer** genoemd. Natuurbeheer is het beheren en beschermen van de natuur. Natuurbeheer kan op verschillende manieren:

- door niets te doen en zo de natuur haar gang laten gaan. Op die manier kan een spontane successie op gang komen.
 - actief beheer zoals kappen, maaien of door dieren te laten grazen.
- Voorbeelden van natuurgebieden zijn de Biesbosch en de Oostvaardersplassen (zie afbeelding 39).

Om na te gaan in hoeverre het (leef)milieu in een gebied moet worden beschermd, kun je kijken naar indicatorsoorten. Aan de hand van deze organismen kan een verandering of verontreiniging van het milieu worden gesignaleerd. Ook een verbetering van de milieumomstandigheden is meetbaar met indicatorsoorten.

VERANDEREND LANDSCHAP

Het Nederlandse landschap ziet er nu heel anders uit dan zo'n vijftig jaar geleden. Er komen bijna geen natuurlijke ecosystemen meer voor in Nederland. De natuur is vooral door grote verkeerswegen in kleinere stukjes verdeeld. Dit noem je **versnippering**. Door maatregelen op het gebied van ruimtelijke ordening wordt gestreefd naar vergroting van natuurgebieden. Hierdoor kan het verspreidingsgebied van planten- en diersoorten groter worden.

Een andere manier om de biodiversiteit te vergroten, is het aanbrengen van variatie in het landschap. Dit is een vorm van verstoring van het milieu die een positieve invloed heeft. Door menselijk ingrijpen ontstaat dan variatie in bodem, waterhuishouding, reliëf en weersinvloeden (denk aan beschutte plekken). In een gebied met veel variatie zullen veel soorten een geschikte leefomgeving vinden, bijvoorbeeld in een houtwal.

opdracht

- 39** Tropische bossen worden soms gekapt om plaats te maken voor een palmolieplantage. Op een palmolieplantage groeien voornamelijk palmbomen die geschikt zijn om palmolie te oogsten.
Leg uit dat het vervangen van een tropisch bos voor een palmolieplantage leidt tot een afname van de biodiversiteit.
- 40** Rond 1900 werd de dassenpopulatie nog op 12 000 dieren geschat (zie afbeelding 40). Daar waren er rond 1960 nog maar 1200 van over. In 1900 leefden er in Nederland ongeveer 5 miljoen mensen. In 1960 waren dit er ongeveer 11,5 miljoen.
- a** Wat zijn de belangrijkste oorzaken van de sterke achteruitgang van de das tussen 1900 en 1960?
 - b** In 2015 waren er naar schatting tussen de 5000 en 6000 dassen in Nederland. Zoek op internet (bijvoorbeeld op de site van de Zoogdiervereniging of Stichting Das en Boom) enkele beheersmaatregelen die hebben geholpen om het aantal dassen tussen 1960 en 2015 te laten toenemen.

► **Afb. 40** Een das.



RODE LIJSTEN

De Wet natuurbescherming bevat alle regels voor de bescherming van Nederlandse natuurgebieden en soorten. Daarnaast zijn er de Rode lijsten. Op een **Rode lijst** staat een overzicht van soorten die uit Nederland zijn verdwenen of dreigen te verdwijnen. Op de Nederlandse Rode lijsten staan alleen bedreigde soorten die zich in Nederland voortplanten. Een soort is pas wettelijk beschermd als hij is opgenomen in de Wet natuurbescherming.

opdrachten

- 41** Met de ooievaars en bevers in Nederland gaat het veel beter dan vroeger. Bedenk minstens twee maatregelen die kunnen zijn genomen om de ooievaar- en beverstand te verbeteren.
- 42** Wat is het verschil tussen de Rode lijsten en de Wet natuurbescherming?

CONTEXT

Beroep

Beleidsmedewerker Milieu

▼ **Afb. 41** Nico Rawee.



Nico Rawee is senior beleidsadviseur Landelijk Gebied en Water bij de provincie Groningen. Na zijn examen koos hij voor de hbo-studie Milieukunde. 'Ons team is onder andere verantwoordelijk voor het opstellen van Natuurbeheerplannen en de aanleg van het Natuurnetwerk Nederland in Groningen. Het Natuurnetwerk loopt door heel Nederland en verbindt de grotere natuurgebieden met elkaar. Het doel is dat soorten (planten en dieren) niet uitsterven, hun leefgebied uitbreiden en zich onderling voortplanten. Wij zoeken oplossingen voor barrières tussen die gebieden zoals (snel)wegen en kanalen. Oplossingen waar je dan aan kunt denken zijn natte en droge verbindingen (faunapassages), zoals tunnels en buizen onder wegen en kanalen. Dit noemen we ontsnippering.' Ook kopen we bijvoorbeeld landbouwgronden die we omvormen tot natuur.

opdrachten

- 43 Ga naar de website van de Provincie Groningen.
 - a Wat is het doel van de afdeling Landelijk Gebied en Water?
 - b Hoe worden de natuurgebieden in de provincie Groningen ontwikkeld?
- 44 a Leg uit wat het nut of voordeel is van faunapassages.
 - b Leg uit hoe het Natuurnetwerk Nederland meehelpt om de biodiversiteit in Nederland te vergroten.
- 45 In 1979 werd de polder Breebaart bij Punt van Reide in het Dollardgebied in Noord-Groningen ingepolderd. In 1999 werd een duiker aangelegd (een soort buis waardoor zeewater in en uit het gebied kan stromen). Daardoor stond de waterstand in de polder weer onder invloed van het getij en trad verzilting op (geleidelijke toename van zout in de bodem). De vegetatie veranderde. Er groeit nu bijvoorbeeld kweldergras, zeealsem, Engels slijkgras en hier en daar wat zeekraal.
 - a Leg uit hoe door verzilting de vegetatie in de polder veranderde.
 - b Welke gevolgen kan verzilting hebben voor het dierenleven in het gebied?

Leerdoelen

- Je kunt de koolstofkringloop beschrijven.
- Je kunt de stikstofkringloop beschrijven.

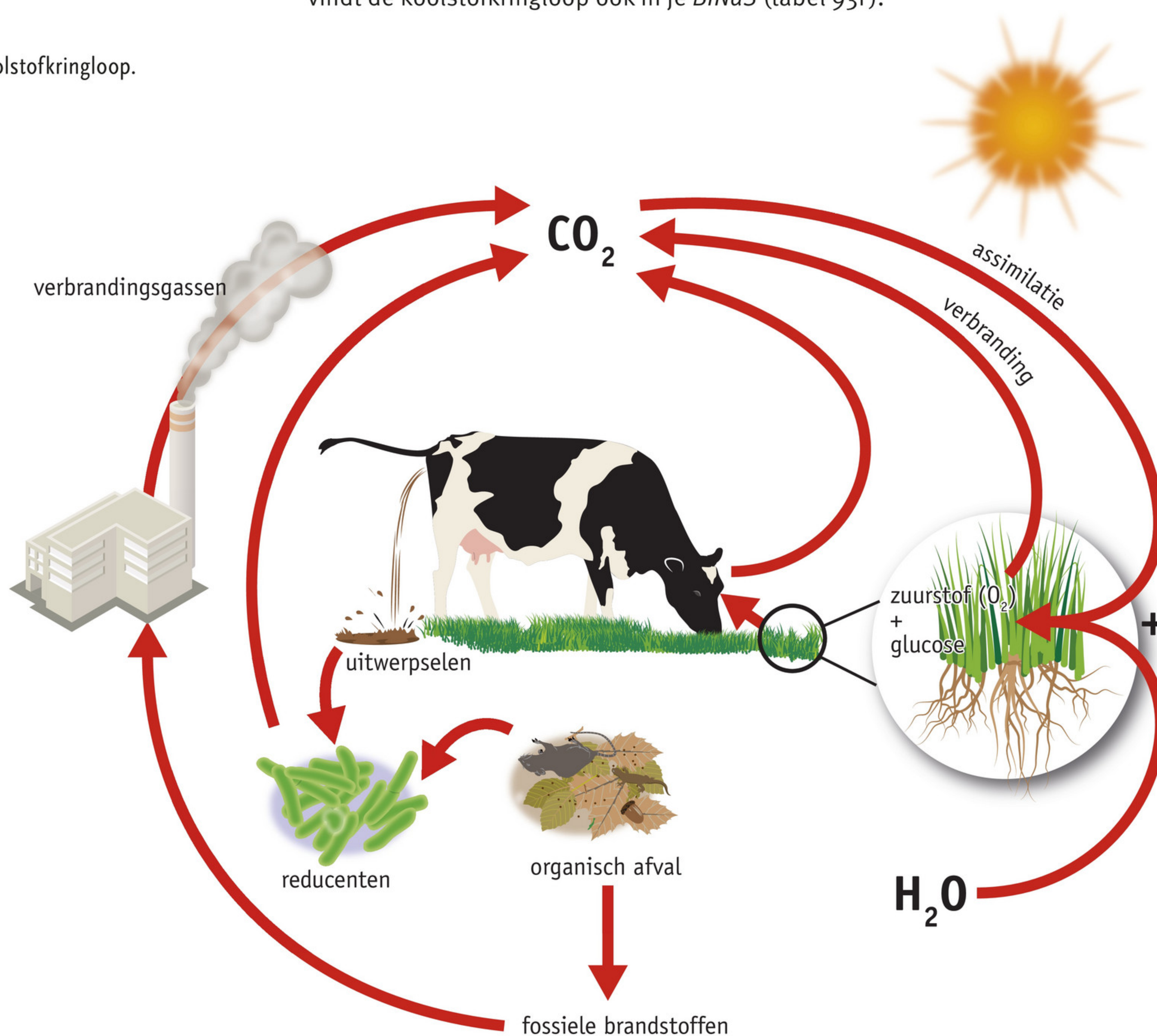
6 Kringlopen

In de zeventiende eeuw was plas en poep geld waard. Handelaren haalden het op en verkochten het aan boeren. De uitwerpselen werden zelfs naar België vervoerd. Op die manier werden belangrijke mineralen teruggegeven aan de landbouwgronden, waardoor verschillende kringlopen werden gesloten.

KOOLSTOFKRINGLOOP

Koolstof (C) komt in de lucht voor in koolstofdioxidemoleculen (CO_2). In cellen komt koolstof voor in alle moleculen van organische stoffen en in de levenloze natuur komt koolstof voor in bijvoorbeeld rotsen. Koolstof doorloopt een kringloop in de biosfeer. In afbeelding 42 is deze koolstofkringloop schematisch weergegeven. Je vindt de koolstofkringloop ook in je *BiNaS* (tabel 93F).

► Afb. 42 Koolstofkringloop.



Lucht bestaat voor ongeveer 0,04% uit CO_2 . Autotrofe soorten gebruiken CO_2 uit de lucht om door fotosynthese glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) te vormen (koolstofassimilatie). Autotrofe soorten verbruiken een deel van die glucose bij de dissimilatie. Ze geven het vrijgekomen CO_2 weer af aan de lucht. Een ander deel van de glucose wordt omgezet in de organische stoffen waaruit de autotrofe soorten bestaan. De koolstofatomen bevinden zich dan in de moleculen van deze stoffen.

Als een heterotroof organisme een autotroof individu eet, komen de organische stoffen van het autotrofe organisme in het heterotrofe organisme terecht. Na opname wordt een deel van de organische stoffen gebruikt om energie te leveren (dissimilatie). Hierbij komt weer CO_2 vrij. Een ander deel wordt omgezet in dierlijke organische stoffen. Als het dier op zijn beurt wordt gegeten door een ander dier of door een mens, komt de koolstof van het ene individu terecht in het andere individu. Ten slotte wordt ook een deel van de organische stoffen niet verteerd, maar uitgescheiden met de uitwerpselen.

Sommige individuen sterven zonder te worden gegeten. Alle dode resten en andere afvalproducten van organismen worden samengevat onder de naam detritus of afval. De organische stoffen in dit afval worden door dierlijke afvaleters, schimmels en heterotrofe bacteriën afgebroken bij de dissimilatie. Hierbij komt CO_2 vrij, dat wordt afgegeven aan de lucht. Autotrofe soorten kunnen dit CO_2 dan weer opnemen.

In deze kringloop gaat koolstof in maximaal een paar honderd jaar eenmaal rond. Daarom noem je deze kringloop de huidige of kortlopende koolstofkringloop. Wanneer organische stoffen gedeeltelijk door anaerobe bacteriën worden afgebroken, kunnen **fossiele brandstoffen** ontstaan, zoals steenkool, aardolie en aardgas. Doordat fossiele brandstoffen miljoenen jaren geleden zijn gevormd en de opgeslagen koolstof nu bij verbranding weer in de koolstofkringloop terechtkomt, noem je dit de langlopende koolstofkringloop.

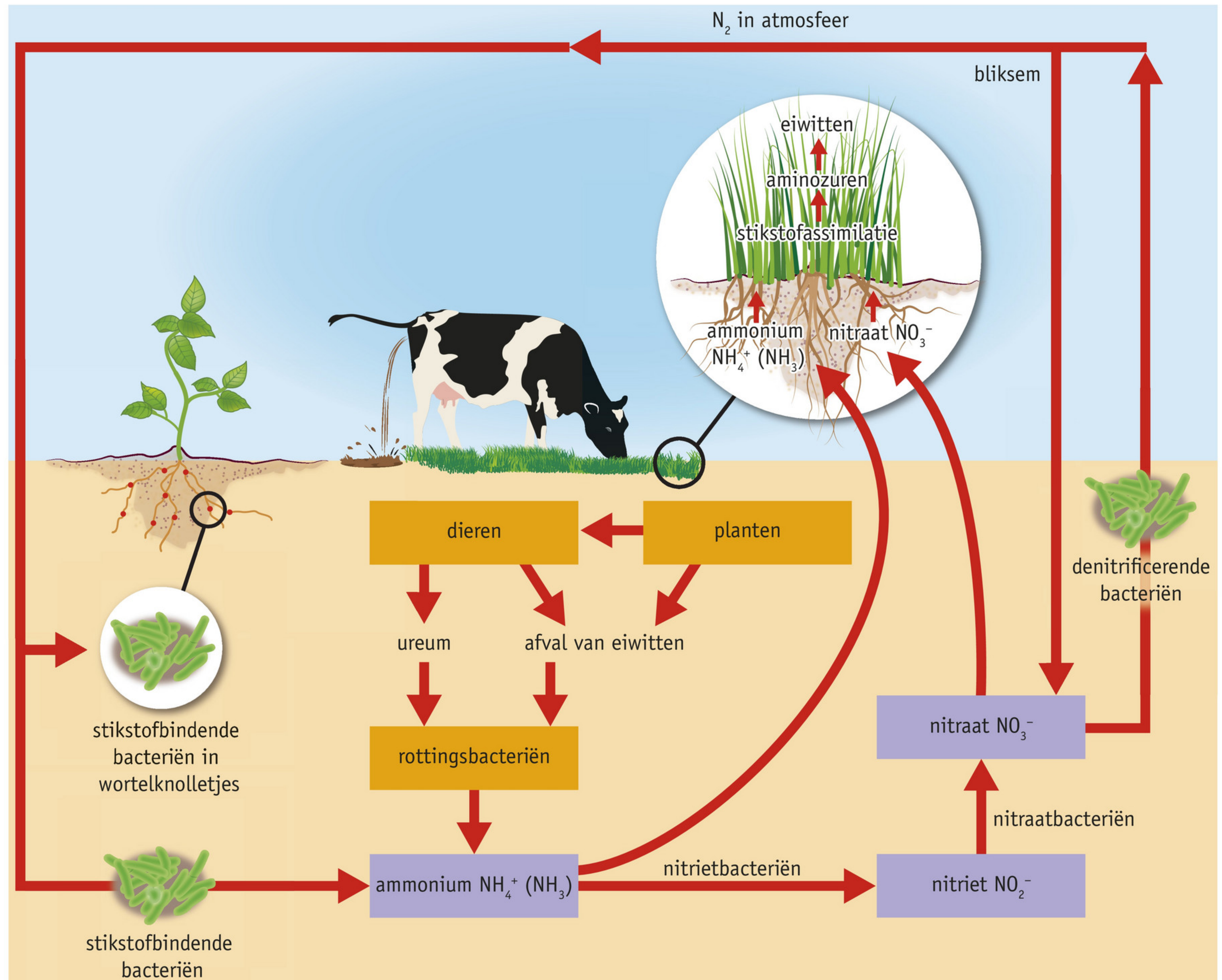
opdrachten

- 46 a** In welke moleculen komt koolstof voor in de lucht?
- b** Noteer drie verschillende organische moleculen waarin koolstof voorkomt in organismen. Gebruik bij deze opdracht je *BiNaS* (tabel 69A).
- c** Bij de verbranding van fossiele brandstoffen komt er extra koolstof in de koolstofkringloop.
In welke moleculen komt die extra koolstof in de kringloop?
- 47 a** Welke functie hebben reducenten zoals bacteriën en schimmels in de koolstofkringloop?
- b** Zijn reducenten autotroof of heterotroof? Leg je antwoord uit.
- c** Wat gebeurt er in het lichaam van een dier met de organische stoffen die het dier met zijn voedsel binnenkrijgt? Geef drie mogelijkheden.
- d** Beschrijf de kortste route die een koolstofatoom (C) uit de lucht aflegt naar een levercel van de mens. Geef ook de vorm waarin het koolstofatoom voorkomt.
- 48** Op de bodem van een bos bevindt zich een strooisellaag (een laag van afgevallen takjes en bladeren). Deze werd vroeger in de landbouw gebruikt als natuurlijke mest.
Wat was het gevolg hiervan voor de kringloop van stoffen in het bos?

STIKSTOFKRINGLOOP

Stikstof (N) komt onder andere voor in eiwitten, DNA en ATP. In de lucht komt gasvormige stikstof (N_2) voor. In de bodem komt stikstof voor in ammoniumionen (NH_4^+), nitrietionen (NO_2^-) en nitraationen (NO_3^-). Net als koolstof doorloopt stikstof een kringloop in de biosfeer. In afbeelding 43 is deze stikstofkringloop schematisch weergegeven. Je vindt de stikstofkringloop ook in je *BiNaS* (tabel 93G).

▼ **Afb. 43** Stikstofkringloop (op het land).



Lucht bestaat voor ongeveer 79% uit stikstof, maar planten zijn niet in staat stikstof uit de lucht te gebruiken. Planten nemen in plaats daarvan stikstof op uit de bodem, vooral in de vorm van nitraationen. Ze gebruiken de stikstof om organische stoffen te vormen, zoals aminozuren en eiwitten.

Als een plant wordt gegeten door een dier, worden de plantaardige eiwitten afgebroken tot aminozuren. Uit de aminozuren maakt het dier weer eiwitten. Een deel van de plantaardige eiwitten wordt in het dier afgebroken. Hierbij komt ammoniak (NH_3) vrij. Waterdieren scheiden deze stof met hun urine uit in het water. Landdieren zetten ammoniak eerst om in urinezuur of ureum en scheiden deze stoffen met hun urine uit.

De eiwitten in organisch afval en de afbraakproducten van eiwitten in urine worden opgenomen door rottingsbacteriën en urobacteriën. Bij de dissimilatie van deze stoffen door bacteriën ontstaat ammoniak. Dit proces heet **ammonificatie**. Een deel van de ammoniak verdwijnt als ammoniakgas in de lucht. Ook bij een dood dier in ontbinding komt ammoniakgas vrij. Het grootste deel van de vrijgekomen ammoniak wordt in het (bodem)water omgezet in ammoniumionen (NH_4^+). Planten nemen slechts een klein deel van deze ammoniumionen op. De meeste ammoniumionen worden eerst door nitrietbacteriën omgezet in nitrietionen (NO_2^-). Daarna worden de nitrietionen door nitraatbacteriën omgezet in nitraationen (NO_3^-). De nitraationen kunnen weer door planten worden opgenomen. Het proces waarbij ammonium en zuurstof worden omgezet in (onder andere) nitriet, dat vervolgens met zuurstof wordt omgezet in nitraat, heet **nitrificatie**. De nitriet- en de nitraatbacteriën worden samen nitrificerende bacteriën genoemd. Bij de vorming van nitraationen uit ammoniumionen hebben nitrificerende bacteriën zuurstof (O_2) nodig. In een zuurstofarme bodem zijn denitrificerende bacteriën actief. Deze bacteriën gebruiken geen zuurstof bij de afbraak van organische stoffen, maar nitraationen (NO_3^-). Ze zetten nitraationen uit de bodem om in gasvormige stikstof die in de lucht verdwijnt en in zuurstof, die voor een deel door de wortels wordt opgenomen. Dit proces heet **denitrificatie**. Door denitrificatie wordt de bodem armer aan stikstofhoudende ionen. De meeste planten groeien niet goed op een stikstofarme bodem.

opdrachten

- 49 Gebruik bij deze opdracht je *BiNaS* (tabel 93G).
- a Welke organische stoffen bevatten stikstof?
 - b Welke ionen in de bodem maken deel uit van de stikstofkringloop?
 - c Welke bacteriën zetten ammoniumionen om in nitraationen?
 - d Welke organismen zetten nitraationen om in eiwitten?
- 50
- a Leven nitrificerende bacteriën aeroob of anaeroob? Leg je antwoord uit.
 - b Welk nut hebben deze reacties voor de bacteriën zelf?
 - c Leven denitrificerende bacteriën aeroob of anaeroob? Leg je antwoord uit.
 - d Welk voordeel hebben deze organismen van de omzetting?

STIKSTOFBINDING

In de bodem komen bacteriën voor die stikstof uit de lucht kunnen gebruiken voor hun stofwisseling. Deze bacteriën binden stikstofatomen (N) aan waterstofatomen (H), waardoor ammoniak (NH_3) ontstaat. Dit proces heet **stikstofbinding**. De ammoniak kan na nitrificatie weer worden gebruikt voor de opbouw van aminozuren door planten. Stikstofbinding in organismen kan alleen plaatsvinden onder anaerobe omstandigheden.

Ook de kringlopen van andere elementen zoals fosfor, zwavel, kalium of ijzer beginnen met de opname van het mineraal uit de bodem, gevolgd door assimilatie (inbouw in een organisch molecuul).

▼ **Afb. 44** Deel van het wortelstelsel van een vlinderbloemige plant met wortelknolletjes.



► **Afb. 45** Concentraties op verschillende diepten.

opdrachten

- 51 Knolletjesbacteriën zijn stikstofbindende bacteriën van het geslacht *Rhizobium*. Deze bacteriën komen vooral voor in wortelknolletjes van vlinderbloemige planten zoals erwten, bonen, klaver, luzerne en lupine (zie afbeelding 44). De bacteriën krijgen van de planten organische stoffen voor hun stofwisseling en ze geven de planten ammoniumionen of aminozuren. Dankzij de knolletjesbacteriën kunnen de planten groeien op stikstofarme grond.
- a Door het oogsten van landbouwgewassen wordt de stikstofkringloop op de akkers verstoord. Leg dat uit.
- b In de land- en tuinbouw wordt soms gebruikgemaakt van de werking van knolletjesbacteriën. Op stikstofarme grond worden de gewassen afgewisseld met bijvoorbeeld lupine die wordt ondergeploegd. Deze werkwijze heet groenbemesting en wordt vaak toegepast in de biologische landbouw. Waardoor groeien gewassen beter na het onderspitten van lupine dan na het onderspitten van de oorspronkelijke gewassen?
- c In de gangbare landbouw wordt meestal (kunst)mest gebruikt om landbouwgrond stikstofrijker te maken. Stalmest bestaat uit dode resten van planten (hooi en stro) en uitwerpselen en urine van dieren. Welke processen moeten plaatsvinden voordat de stikstof in stalmest beschikbaar komt voor planten? Gebruik bij deze opdracht je *BiNaS* (tabel 93G).
- 52 In een onderzoek naar de kwaliteit van het water van een meer worden de concentraties O_2 , CO_2 , NO_3^- (nitraat) en NH_4^+ (ammonium) gemeten op verschillende diepten in dit meer. De resultaten van deze metingen zijn weergegeven in de tabel van afbeelding 45.

Concentratie (mg/l)				
Diepte (m)	O_2	CO_2	NO_3^-	NH_4^+
0	9,3	0,0	0,16	0,0
20	0,8	14,0	0,21	0,0
40	0,0	54,8	0,00	4,5

Het valt op dat op een diepte van 20 m nitraat voorkomt en geen ammonium, terwijl op een diepte van 40 m ammonium voorkomt en geen nitraat. Hoe komt het dat op 40 m diepte geen nitraat voorkomt terwijl het op 20 m diepte wel aanwezig is?

- 53 Voor de afbraak van organische stoffen in rioolwater worden bacteriën gebruikt die een rol spelen in de stikstofkringloop. In beluchtingstanks breken deze reducenten organische stoffen af tot onder andere ammonium en nitraat. Onder anaerobe omstandigheden zetten andere reducenten het gevormde nitraat om in stikstof. In zuiveringsinstallaties wordt het water tijdens de biologische zuivering ‘belucht’. Waarom doet men dat?

- 54 Voor veel biotechnologen is het een grote uitdaging om planten zodanig genetisch te modificeren dat deze zelf in staat zijn tot stikstofbinding.
- a Welk voordeel zou dit hebben voor de land- en tuinbouw?
 - b Geef een ecologisch argument dat mensen gebruiken om zich tegen genetische modificatie te verzetten.
- 55 Vleesetende planten vangen insecten (zie afbeelding 46).
Leg uit dat je vleesetende planten vooral aantreft op stikstofarme grond.

► **Afb. 46** Een vleesetende plant vangt een vlieg.



CONTEXT

Leefwereld

▼ **Afb. 47** De Energie- en Grondstoffenfabriek Omzetspunt Amersfoort.



Afvalwater levert grondstoffen

Kant-en-klare kunstmest maken uit urine en ander afvalwater? In Amersfoort staat de eerste fabriek in Nederland waar dit kan.

Dankzij kunstmest is in de landbouw de opbrengst toegenomen. Kunstmest wordt onder andere gemaakt van stikstof en fosfaat. Door het veelvuldig gebruik van kunstmest raken de natuurlijke fosfaatbronnen uitgeput. Schattingen geven aan dat er nog voor ongeveer dertig tot vijftig jaar fosfaat is. Zonder fosfaat kan geen enkele plant groeien. Biologen en technici zijn daarom druk bezig met het ontwikkelen van technieken om fosfaat te recyclen, waardoor de fosfaatkringloop weer wordt gesloten.

Op grote festivals zoals Koningsdag en Sail Amsterdam zijn proeven gedaan met het winnen van fosfaat en stikstof uit urine. De Amersfoortse waterzuiveringsinstallatie past dezelfde technieken nu toe op industriële schaal. De fabriek haalt naast fosfaat ook nog andere grondstoffen en energie uit het afvalwater. Daarom noemen sommigen afvalwater ook wel de olie van de eenentwintigste eeuw.

opdracht

- 56 In waterzuiveringsinstallaties halen fosfaat-accumulerende bacteriën fosfaat uit het afvalwater. Dit fosfaat dient als grondstof voor kunstmest. Fosfaat is nodig voor de groei van gewassen.
- a Voor de vorming van welke organische moleculen wordt fosfaat vooral gebruikt? Gebruik bij deze opdracht je *BiNaS* (tabel 91D).
 - b Leg uit dat met het terugwinnen van fosfaat uit urine de fosfaatkringloop weer wordt gesloten.
 - c Leg uit waarom het inzamelen van plas en poep, zoals dat in de zeventiende eeuw in Nederland gebeurde, een duurzame methode was.

Leerdoelen

- Je kent manieren waarop een optimale productie van voedsel kan worden verkregen.
- Je kent oorzaken en gevolgen van eutrofiëring van water en mogelijke oplossingen daarvoor.

- ▼ **Afb. 48** Na een rupsenplaag is er van de koolooft niet veel meer over.



- **Afb. 49** Soortspecifiek en niet-soortspecifiek. Insecticiden zijn pesticiden speciaal voor de bestrijding van insecten.

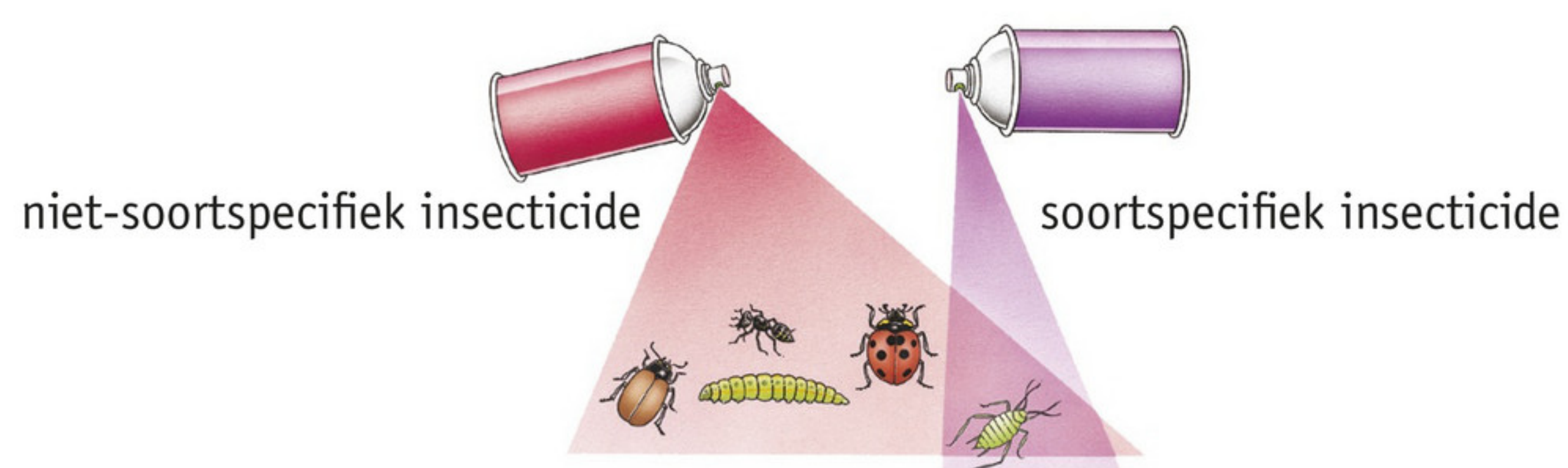
7 Voedselproductie

De Britse econoom Malthus voorspelde rond 1800 hongersnood op grote schaal, doordat de groei van de wereldbevolking groter was dan de groei van de voedselproductie. Door de intensivering van de landbouw groeide de voedselproductie uiteindelijk relatief sneller dan de bevolking.

BESCHERMING TEGEN ZIEKTEN EN PLAGEN

Plantenziekten en vraat door organismen (bijvoorbeeld insecten) kunnen de opbrengst van voedingsgewassen sterk verminderen (zie afbeelding 48). Gewassen kun je tegen ziekten en plagen beschermen door mechanische bestrijding, op een biologische manier of met chemische bestrijdingsmiddelen.

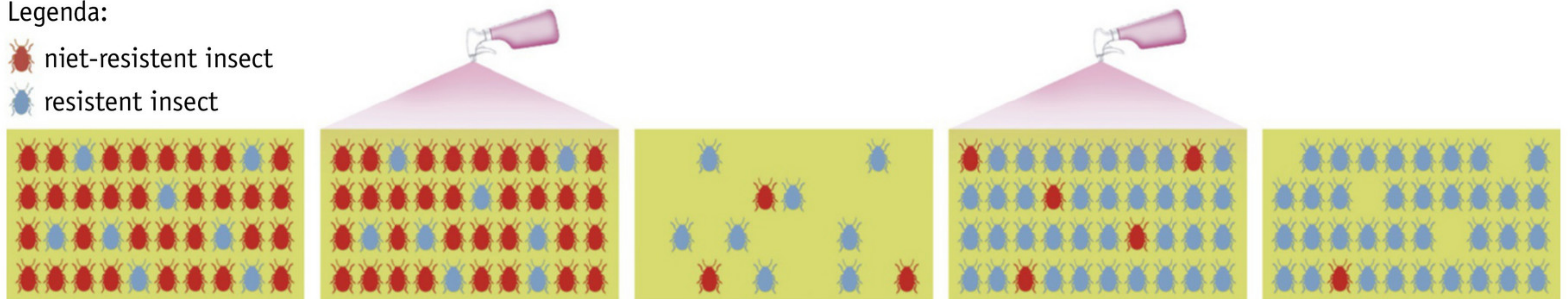
Chemische bestrijdingsmiddelen (pesticiden) hebben als voordeel dat ze effectief zijn. Ziekten en plagen kun je met chemische bestrijdingsmiddelen meestal goed bestrijden. Om die reden gebruiken veel boeren chemische bestrijdingsmiddelen. Chemische bestrijdingsmiddelen hebben ook grote nadelen. Sommige pesticiden zijn niet soortspecifiek (zie afbeelding 49). Ze doden ook onschadelijke organismen. Een ander nadeel is dat de soort die wordt bestreden **resistent** (ongevoelig) kan worden tegen het bestrijdingsmiddel. Resistentie ontstaat vooral bij soorten die zich snel voortplanten, zoals de meeste plaagorganismen.



- ▼ **Afb. 50** Het ontstaan van resistentie tegen een chemisch bestrijdingsmiddel.

Legenda:

- niet-resistent insect
- resistent insect

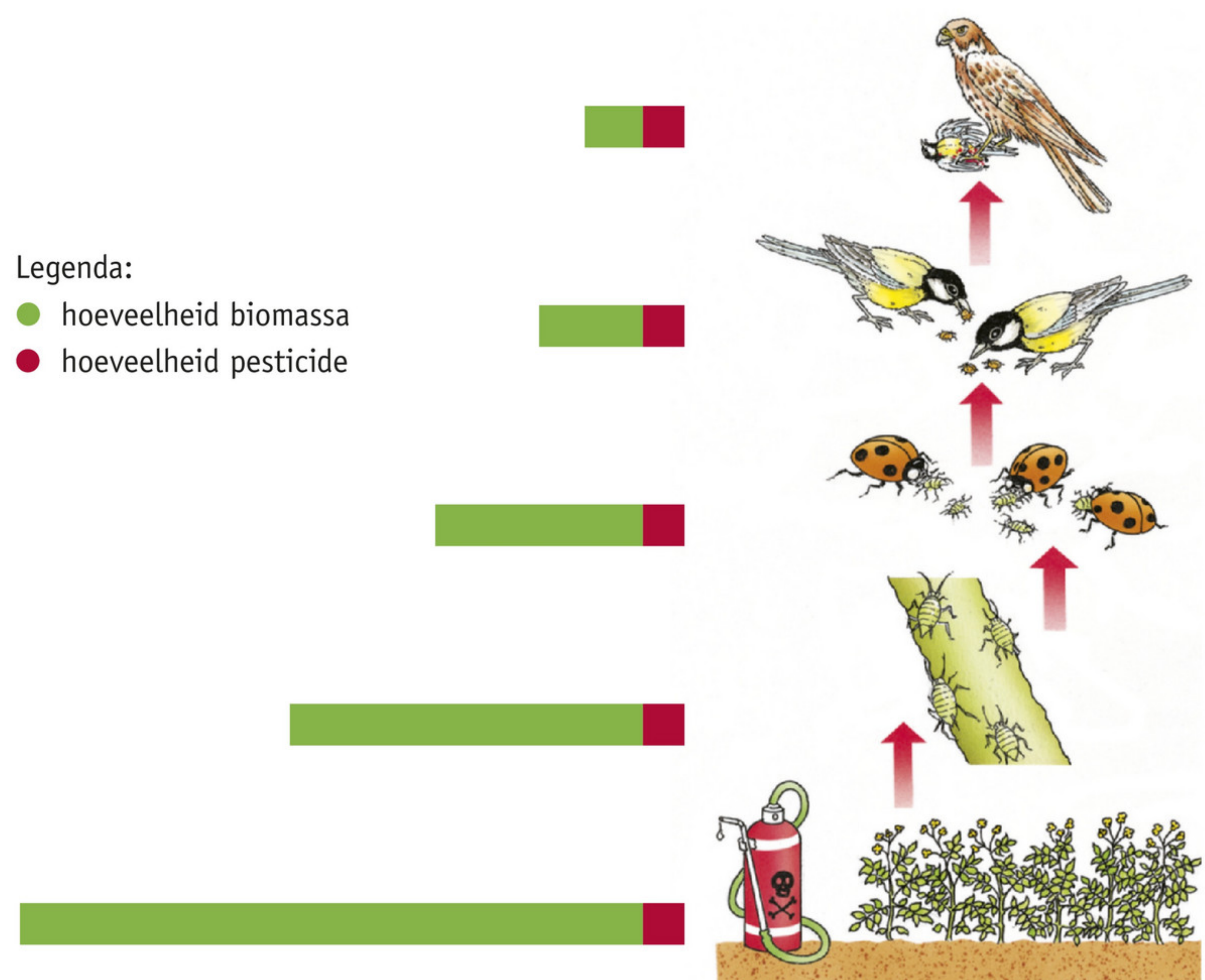


- 1 Op een akker treedt een plaag op.
- 2 De planten worden behandeld met een chemisch bestrijdingsmiddel.
- 3 Resistente organismen overleven.
- 4 De resistente organismen krijgen veel resistente nakomelingen.
- 5 Steeds meer organismen in de populatie zijn resistent: het bestrijdingsmiddel werkt niet meer.

Een aantal pesticiden is **persistent**. Dat betekent dat ze niet of zeer langzaam langs natuurlijke weg worden afgebroken. Dieren slaan pesticiden op, vooral in vetweefsel, waardoor ze in de volgende schakel in de voedselketen komen. Via voedselketens hopen de pesticiden zich op in dieren die aan het einde van een voedselketen staan. De biomassa neemt bij elke stap omhoog in de keten af. Als de gifstof niet wordt afgebroken, neemt de gifconcentratie bij elke stap dus toe (zie afbeelding 51). Dit heet **accumulatie**.

Een deel van de pesticiden komt terecht in sloten en rivieren, waardoor het water wordt vervuild. Een ander deel komt door uitspoeling in het grondwater. Ons drinkwater wordt voor een belangrijk deel opgepompt uit de grond. Daardoor vormen pesticiden een bedreiging voor de kwaliteit van ons drinkwater.

► **Afb. 51** Accumulatie van een pesticide in een voedselketen.



Deze nadelen hebben geleid tot de ontwikkeling van minder schadelijke bestrijdingsmiddelen. Sommige bestrijdingsmiddelen zijn bijvoorbeeld **biologisch afbreekbaar**. Deze bestrijdingsmiddelen kunnen door micro-organismen worden afgebroken. Daardoor blijven ze slechts kort in het ecosysteem.

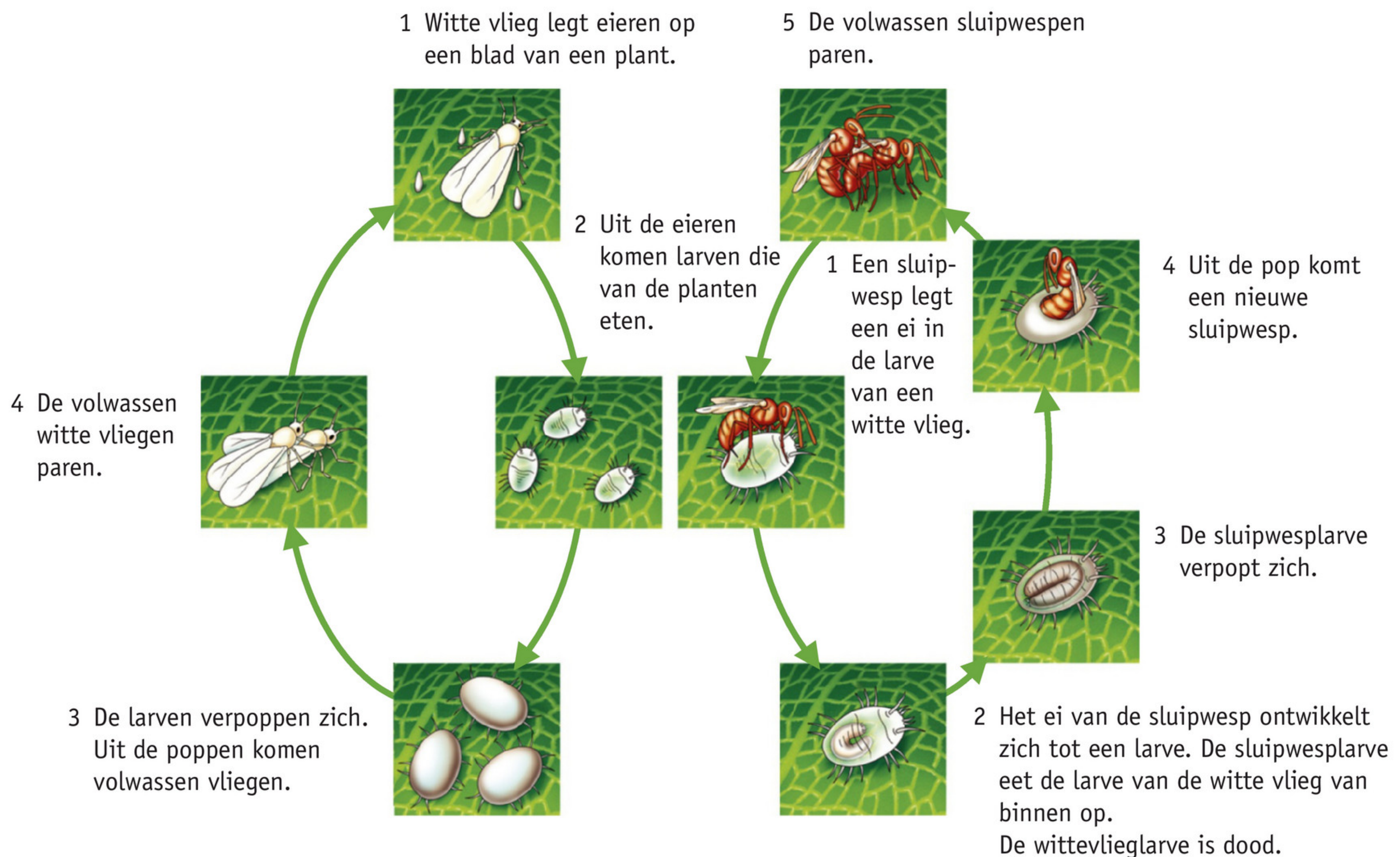
opdrachten

- 57** Het gebruik van pesticiden heeft in het verleden geleid tot een sterke afname van het aantal roofvogels in Nederland.
Leg dat uit.
- 58** Een fabriek loosde enige tijd afval met kwik in een meer. Het gehalte aan kwik in het water werd steeds hoger. Enkele mensen die vis uit het meer hadden gegeten, stierven door vergiftiging.
Mensen lopen meer gevaar door het eten van een kilogram met kwik verontreinigde vis uit dit meer dan door het drinken van dezelfde hoeveelheid ongezuiverd water uit het meer.
Leg uit hoe dit komt.

BIOLOGISCHE BESTRIJDING

De biologische landbouw gebruikt helemaal geen chemische bestrijdingsmiddelen maar past vooral biologische bestrijding toe. Biologische bestrijding maakt gebruik van biologische verschijnselen, zoals natuurlijke vijanden (predatoren, parasieten of ziekteverwekkers). Een voorbeeld is de bestrijding van witte vlieg met sluipwespen (zie afbeelding 52). Witte vlieg kan grote schade aanrichten bij de teelt doordat deze sappen opzuigt uit de planten. Om witte vlieg te bestrijden, worden sluipwespen in de kassen losgelaten.

▼ **Afb. 52** Biologische bestrijding van witte vlieg met sluipwespen.

**opdrachten**

- 59 a** Hoe heet de voedselrelatie tussen een sluipwesplarve en een wittevlieglarve (zie afbeelding 52)?
- b** Bij de bestrijding van witte vlieg met sluipwespen bestaat geen gevaar voor een sluipwespenplaag. Leg uit hoe dat komt.
- c** In een folder van een producent van sluipwespen staat: 'Zodra de eerste witte vlieg in de kas worden aangetroffen, dient de sluipwesp zo snel mogelijk te worden ingezet. Preventief inzetten behoort ook tot de mogelijkheden.' Leg uit wat het voordeel en wat het nadeel kan zijn van het preventief inzetten van sluipwespen.
- 60** Insecten kunnen met chemische en met biologische bestrijdingsmiddelen worden bestreden. Biologische bestrijdingsmiddelen kunnen worden gewonnen uit bepaalde planten. Ze worden in het milieu omgezet in onschadelijke stoffen. Verder heeft het gebruik van dergelijke middelen dezelfde nadelen als chemische bestrijdingsmiddelen. Noteer twee van die nadelen.

BEMESTING

Planten nemen water en mineralen op uit de bodem. Deze mineralen (onder andere nitraat, fosfaat, sulfaat, natrium, kalium en calcium) gebruiken planten als voedingsstoffen. Door de oogst van voedingsgewassen en door uitspoeling verdwijnen mineralen uit de kringloop van stoffen op landbouwgrond. **Uitspoeling** wil zeggen dat mineralen met het regenwater wegzakken naar diepere lagen. Door bemesting voegen boeren weer mineralen toe aan de bovenste bodemlagen van landbouwgrond. Hiervoor gebruiken ze kunstmest of stalmest. Kunstmest bestaat vooral uit stikstofhoudende mineralen (onder andere nitraat) en fosfaat. Stalmest bestaat uit uitwerpselen en urine van dieren. Reducenten (bacteriën en schimmels) in de bodem breken de organische stoffen in de stalmest af en zetten deze organische stoffen om in anorganische stoffen (mineralen). De anorganische stoffen worden door de voedingsgewassen gebruikt bij de opbouw van organische stoffen.

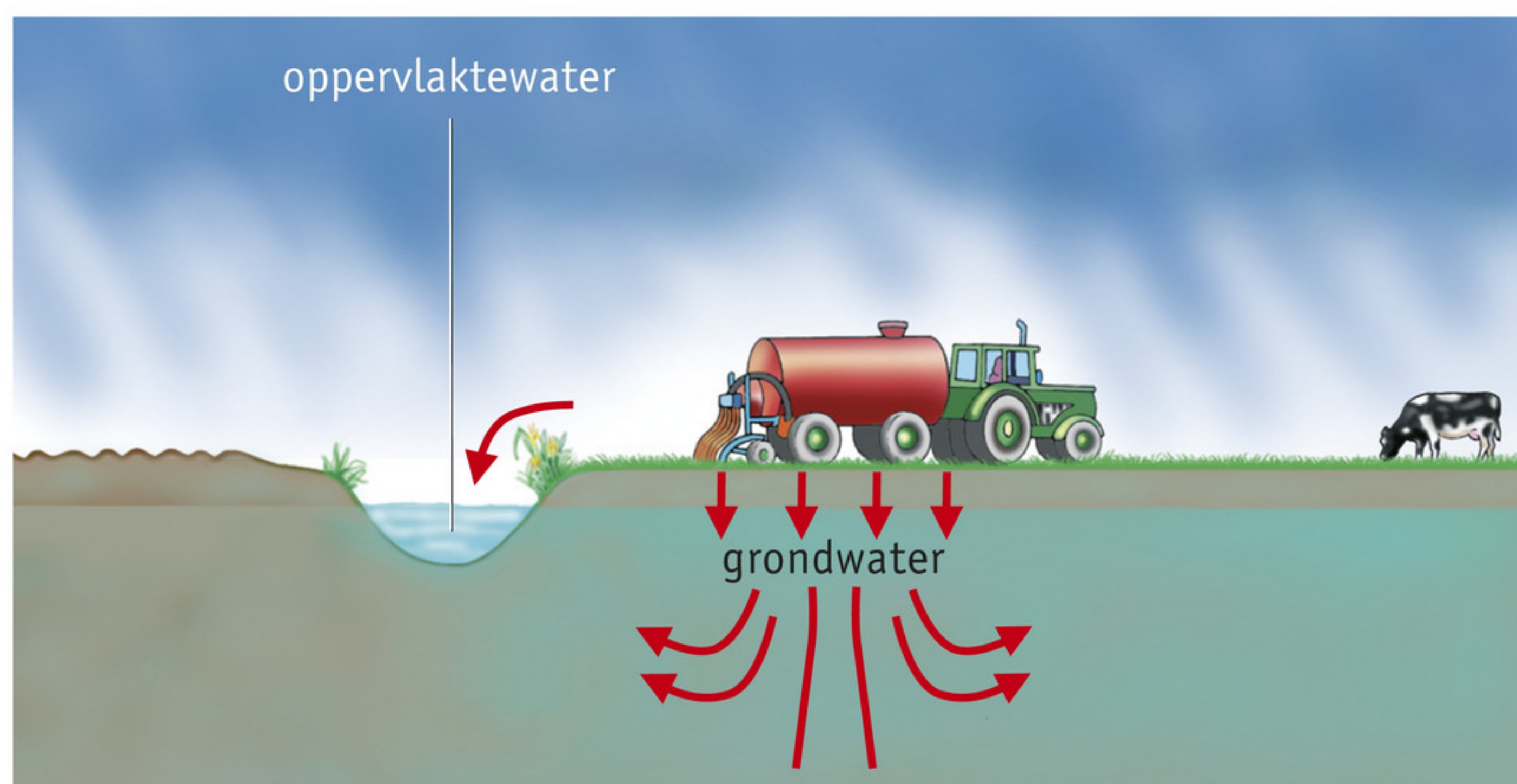
In de intensieve veehouderij wordt veel meer mest geproduceerd dan de boeren zelf nodig hebben. Dit noem je het mestoverschot. Als meer mest op het land wordt uitgereden dan de planten kunnen opnemen, is sprake van overbemesting. In de biologische landbouw wordt niet meer bemest dan planten kunnen opnemen en er wordt geen kunstmest gebruikt.

EUTROFIËRING

In het oppervlaktewater (het water in sloten, rivieren, kanalen en de bovenste lagen van zeeën en oceanen) komen dode resten van planten en dieren voor. Reducenten zetten deze organische stoffen om in anorganische stoffen (mineralen). Deze mineralisatie heet het zelfreinigend vermogen van water. De anorganische stoffen worden door de producenten in het water gebruikt bij de opbouw van organische stoffen. In stabiele zoetwaterecosystemen is de productie van organische stoffen in evenwicht met de afbraak.

Bij (over)bemesting met stalmest spoelt een deel van de mest met de regen van het land af en komt terecht in het oppervlaktewater. Door afbraak van deze organische afvalstoffen neemt de hoeveelheid mineralen (onder andere fosfaat en nitraat) in het water sterk toe. Die toename wordt nog versterkt doordat een deel van de mineralen die in de bodem vrijkomen bij de afbraak van stalmest, uitspoelt naar het grondwater (zie afbeelding 53). Deze mineralen kunnen via het grondwater in het oppervlaktewater terechtkomen. Ook bij gebruik van kunstmest kunnen door uitspoeling mineralen in het oppervlaktewater komen.

► **Afb. 53** Door overbemesting komen er meer mineralen in het oppervlaktewater.



Water met veel mineralen is voedselrijk of eutroof. Als de hoeveelheid mineralen in het water sterk toeneemt, spreek je van **eutrofiëring** of vermessing. Door eutrofiëring zijn in Nederland veel voedselarme wateren en bodems voedselrijker geworden. Daardoor zijn er soorten planten verdwenen en andere soorten bij gekomen. Sommige soorten planten zijn verdwenen doordat ze alleen in een voedselarm milieu kunnen leven. Andere soorten zijn verdwenen doordat ze zijn overwoekerd door soorten die beter zijn aangepast aan voedselrijke milieus.

▼ **Afb. 54** Waterbloei.



Als gevolg van eutrofiëring van oppervlaktewater kunnen sommige soorten waterplanten zich enorm uitbreiden. Door een sterke algengroei krijgt het water een groene kleur. Dit verschijnsel heet **waterbloei** (zie afbeelding 54). Vooral een hoge concentratie fosfaat en nitraat in het water veroorzaakt waterbloei.

Door de grote toename van algen en door de sterke uitbreiding van drijvende waterplanten zoals kroos, dringt licht minder ver door in het water. Hierdoor sterven veel planten die onder water leven. Algen leven betrekkelijk kort en gaan in grote aantallen tegelijk dood. Samen met de afgestorven waterplanten veroorzaakt deze massale algensterfte een flinke toename in de hoeveelheid organisch materiaal (dode resten). Hierdoor zullen reducenten in het water zich snel vermeerderen. Doordat de reducenten veel zuurstof verbruiken, kan in het water zuurstofgebrek ontstaan. Daardoor sterven waterdieren, vooral vissen. Dit leidt tot nog meer organische afvalstoffen, nog meer reducenten en nog minder zuurstof. Uiteindelijk ontstaat water waarin vrijwel geen leven meer voorkomt.

opdrachten

- 61** Landbouwgronden worden bemest om te voorkomen dat de productie van landbouwgewassen afneemt. Leg dat uit.
- 62** Door eutrofiëring kan de samenstelling van plantensoorten in een ecosysteem veranderen. Leg dat uit.
- 63 a** Leg uit hoe waterbloei kan leiden tot zuurstofgebrek in het water.
b Door waterbloei wordt het water troebel. Veel soorten waterplanten ontwikkelen zich dan minder goed en sterven. Dit geldt het eerst voor ondergedoken waterplanten (waterplanten die grotendeels onder water leven).
 Leg uit waardoor deze waterplanten als eerste sterven.
c De zuurstofconcentratie in het water schommelt gedurende een etmaal. Op welk moment van een etmaal zal vooral vissterfte optreden als gevolg van zuurstofgebrek? Leg je antwoord uit.
- 64** Maak een woordmap over eutrofiëring met daarin minstens de volgende begrippen. Sommige begrippen kun je meerdere keren gebruiken:
dierensterfte – minder zuurstof in water – plantensterfte – reducenten – snelle algensterfte – toename kroos en algen – vermessing.

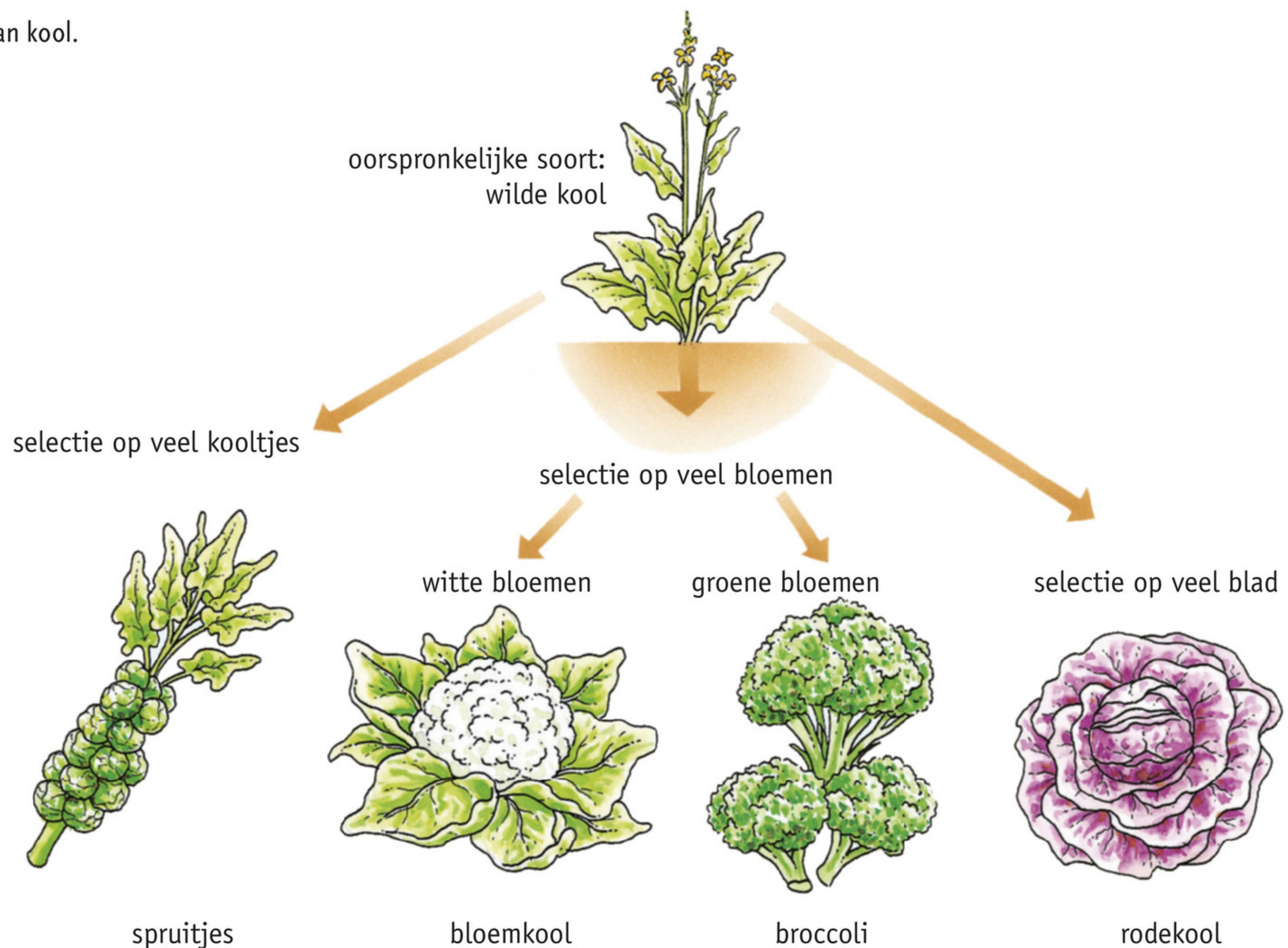
VERANDERING VAN ERFELIJKE EIGENSCHAPPEN

Bemesting en bescherming tegen ziekten en plagen zijn manieren om de voedselproductie te verhogen. Een derde manier is het veranderen van de erfelijke eigenschappen van voedingsgewassen en landbouwhuisdieren. Dit heet **veredeling**. In een veredelingsbedrijf (planten) of fokkerij (dieren) selecteert de veredelaar of fokker individuen met de gewenste eigenschappen en laat deze

kruisen. De nakomelingen met de gunstigste erfelijke eigenschappen gebruikt hij om verder te kweken of fokken. Op deze manier ontstaan steeds betere, 'veredelde' planten of dieren, die bijvoorbeeld een grote vruchtbaarheid, een hoge voedingswaarde of een hoge melkproductie hebben. Door veredeling kunnen ook resistente of nieuwe soorten ontstaan (zie afbeelding 55).

Een andere manier om de genetische eigenschappen van organismen te veranderen, is genetische modificatie. Met behulp van recombinant-DNA-technieken kunnen voedingsgewassen bijvoorbeeld resistent worden gemaakt voor ziekten en plagen.

► **Afb. 55** Veredeling van kool.



opdracht

- 65** In Bangladesh mislukt regelmatig de oogst van aubergine doordat deze door rupsen wordt aangevreten. Daarom is aan deze groente een gen toegevoegd van een bacterie, waardoor de plant een gifstof aanmaakt die de rups doet sterven. De gifstof werkt specifiek: de meeste andere insecten, maar ook vogels, zoogdieren en mensen, zijn ongevoelig voor de stof.
- Welk voordeel voor het milieu heeft het gebruik van voedingsgewassen die resistent zijn tegen bepaalde ziekten en plagen?
 - Genen bevatten de informatie voor de bouw van biologische moleculen. Om welke moleculen gaat dit?
 - Waardoor werken de genen van een bacterie ook in een plant?
 - Tegenstanders van genetische modificatie zijn bang dat de gentechgewassen schade toebrengen aan mens en milieu. Geef een ecologisch argument tegen genetische modificatie.

▼ **Afb. 56** Ledlampen in de glastuinbouw.



MILIEUVRIENDELIJKE ONTWIKKELINGEN

Door nieuwe ontdekkingen en technische verbeteringen kan de land- en tuinbouw milieuvriendelijker worden. Een voorbeeld is het gebruik van ledlampen in de glastuinbouw (zie afbeelding 56). Doordat ledlampen niet heet worden, kun je ze niet alleen boven, maar ook tussen de planten plaatsen. Door ledlampen met verschillende kleuren licht toe te passen en op het juiste moment de juiste intensiteit te geven, kan de tuinder de fotosynthese optimaliseren.

► PRACTICUMOPDRACHT 4

opdracht

- 66** Ledlampen zijn energiezuinig, doordat ze veel minder warm worden dan de natriumlampen die vaak nog in de glastuinbouw worden gebruikt. Volgens een rapport van de Wageningen Universiteit kunnen glastuinbouwers 60% aan elektriciteit besparen wanneer ze overstappen van natriumlampen naar ledverlichting. De totale energiebesparing wordt dan geschat op 50%.
- Leg uit waarom het gunstig is dat ledlampen ook aan de zijkant van planten kunnen worden geplaatst.
 - Geef aan waarom de energiebesparing geschat wordt op 50%, terwijl de besparing op elektriciteit door gebruik te maken van ledlampen 60% is.

CONTEXT

Leefwereld

▼ **Afb. 57** Eetbare insecten.



Nederlanders zijn klaar voor insecten

Lange tijd moesten veel Nederlanders niets hebben van eetbare insecten, maar inmiddels is dat wel anders. ‘Heel veel mensen zijn enthousiast geworden en vinden ze heerlijk. Het insectengerecht moet dan wel goed zijn klaargemaakt,’ vertelt de Wageningse hoogleraar insectenkunde Marcel Dicke.

Door de bevolkingsgroei neemt de vraag naar vlees toe, waardoor een tekort dreigt te ontstaan. Een oplossing is volgens Marcel Dicke om over te schakelen op vlees van insecten. Die blijken veel minder energie te verspillen doordat ze hun lichaamstemperatuur niet constant houden.

In Nederland liggen insecten gewoon in de schappen van de supermarkt. Je vindt er bijvoorbeeld de bugslibar, een chocolademueslireep met meelwormen, en buggy crisps van wasmotlarven in de smaken paprika en zout. Ook zijn er vleesvervangers waarin insecten zijn verwerkt.

opdracht

- 67 a** Hoe kan het eten van insecten bijdragen aan de oplossing van het wereldvoedselvraagstuk?
- b** Insecten zetten een groter deel van hun voedsel om in weefsel dan bijvoorbeeld koeien. Om een goed gefundeerd oordeel te vormen over het eten van meelwormen, zijn meer onderzoeksgegevens nodig. Noteer minimaal één onderzoek dat daartoe zeker nog moet plaatsvinden.

Leerdoel

- Je kent oorzaken en gevolgen van de klimaatverandering en mogelijke oplossingen daarvoor.

8 Energie

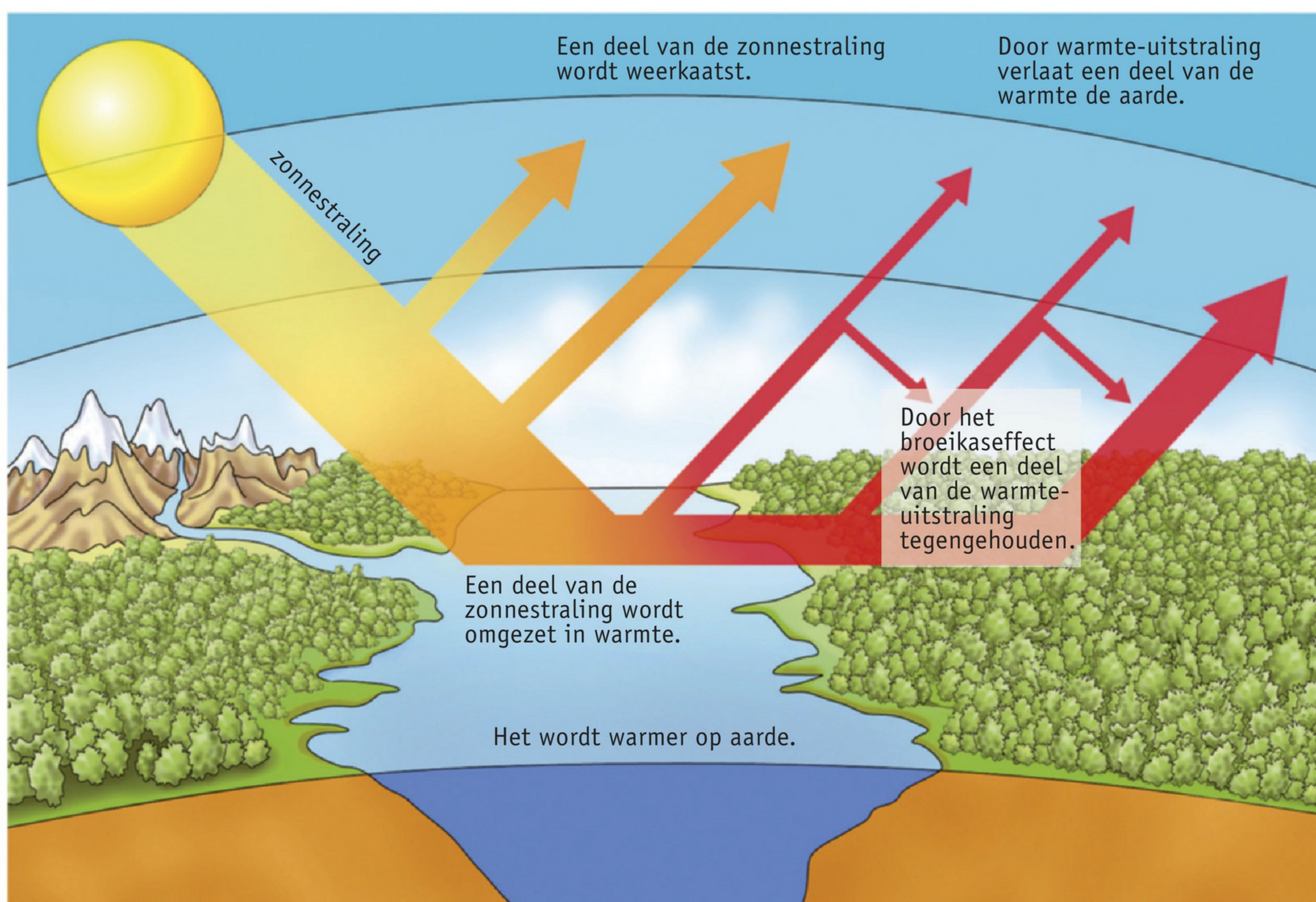
Sinds de industriële revolutie zijn de concentratie koolstofdioxide (CO_2) in de lucht en de gemiddelde temperatuur op aarde spectaculair toegenomen. Toch stelt de huidige concentratie atmosferische CO_2 weinig voor vergeleken met het cambrium, zo'n 550 miljoen jaar geleden. Toen was de CO_2 -concentratie in de lucht twintig keer hoger.

VERSTERKTE BROEIKASEFFECT

Het klimaat op aarde wordt voor een groot deel bepaald door de atmosfeer (dampkring), een mengsel van verschillende gassen die de zonnestraling doorlaten naar de aarde. De aarde absorbeert de zonnestraling en straalt de warmte ook weer uit. Een aantal gassen in de atmosfeer absorbeert deze warmtestraling (zie afbeelding 58). Dit voorkomt dat de aarde te veel warmte verliest. Zonder deze gassen in de atmosfeer zou de temperatuur aan het aardoppervlak ruim 30°C lager zijn.

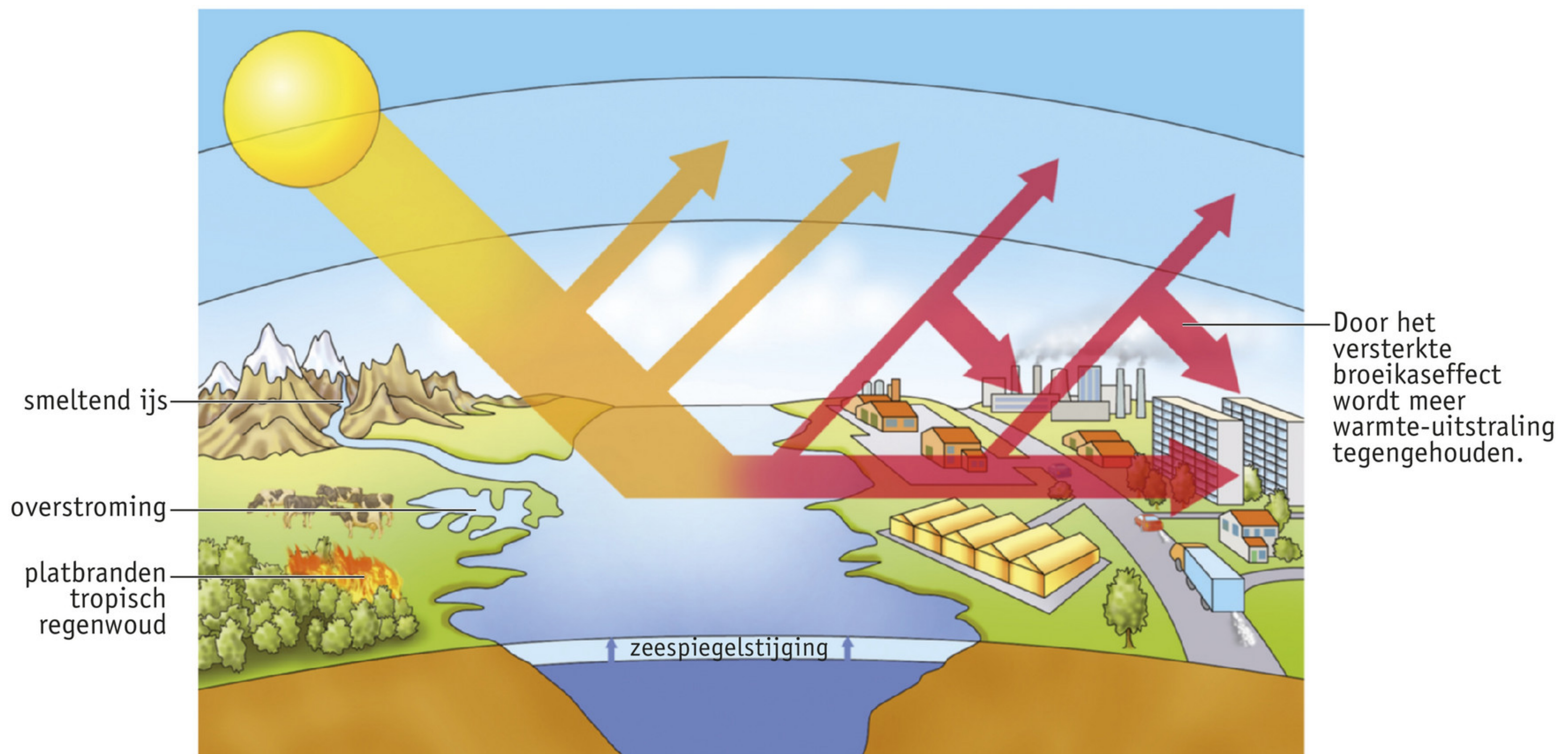
Net als een broeikas houden de gassen in de atmosfeer de warmte vast die binnenkomt. Dit wordt het **broeikaseffect** genoemd. De gassen in de dampkring die het broeikaseffect veroorzaken, worden broeikasgassen genoemd. De belangrijkste natuurlijke broeikasgassen zijn koolstofdioxide (CO_2), waterdamp (H_2O) en methaan (CH_4).

▼ **Afb. 58** Het broeikaseffect.



Veel milieuproblemen hebben te maken met emissie (de uitstoot van gassen in de lucht). Emissie van broeikasgassen leidt tot het **versterkte broeikaseffect** (zie afbeelding 59). Dit houdt in dat de atmosfeer meer warmte vasthoudt, waardoor de temperatuur op aarde stijgt. Vooral de stijging van de CO_2 -concentratie in de atmosfeer versterkt het broeikaseffect. Het CO_2 -gehalte stijgt vooral doordat we de voorraad fossiele brandstoffen verbranden, waarbij het verbrandingsgas CO_2 vrijkomt.

▼ **Afb. 59** Het versterkte broeikaseffect.



▼ **Afb. 60** Rijstvelden.

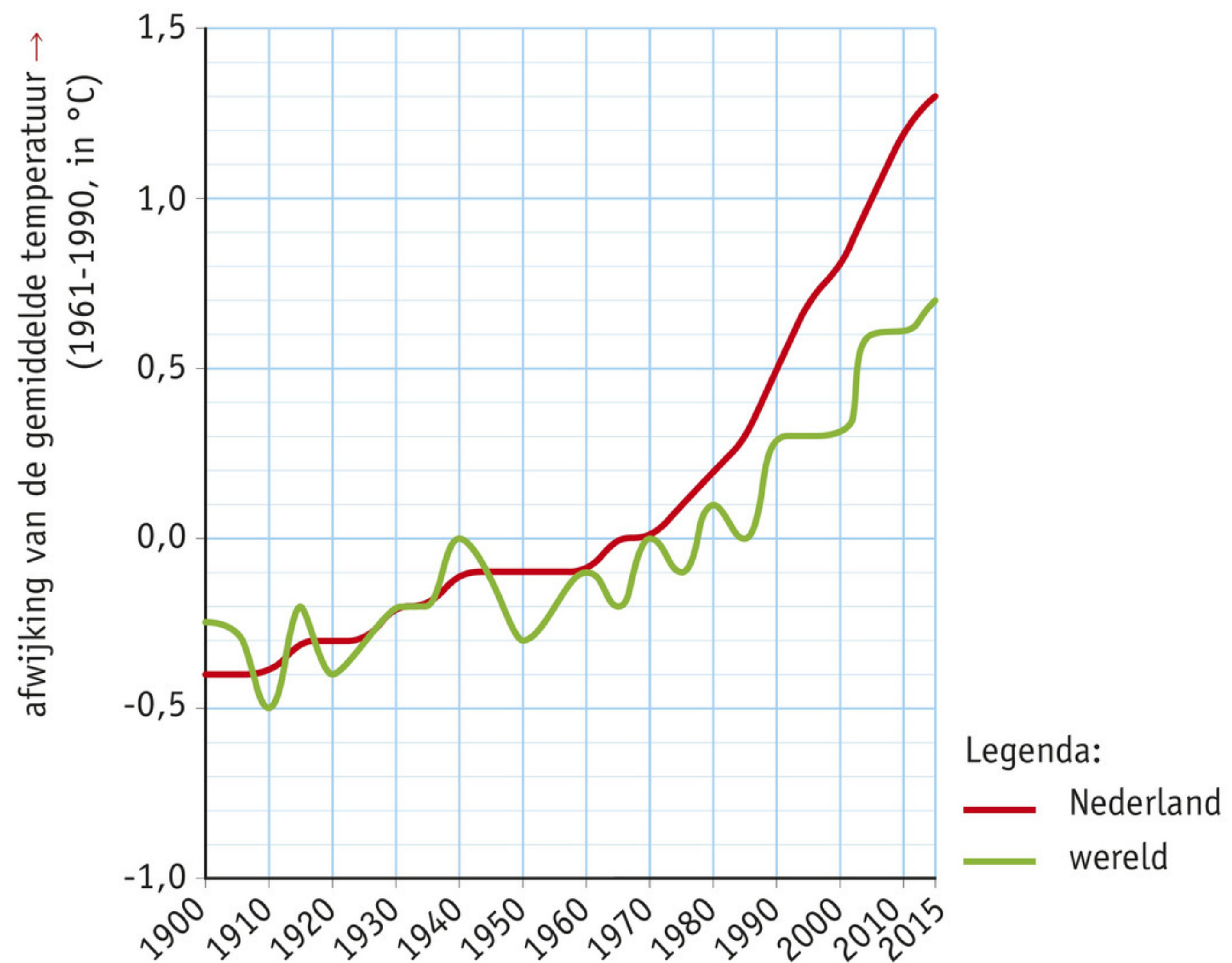


Methaan, ook wel moerasgas genoemd, is een ander broeikasgas dat bijdraagt aan de opwarming van de aarde. Methaan houdt de warmte zo'n 25 keer beter vast dan koolstofdioxide. Het wordt onder andere gevormd bij de afbraak van organische stoffen door anaerobe bacteriën. Belangrijke bronnen van methaangas zijn de veeteelt, de toendra in Siberië, (tropische) bossen en rijstvelden (zie afbeelding 60).

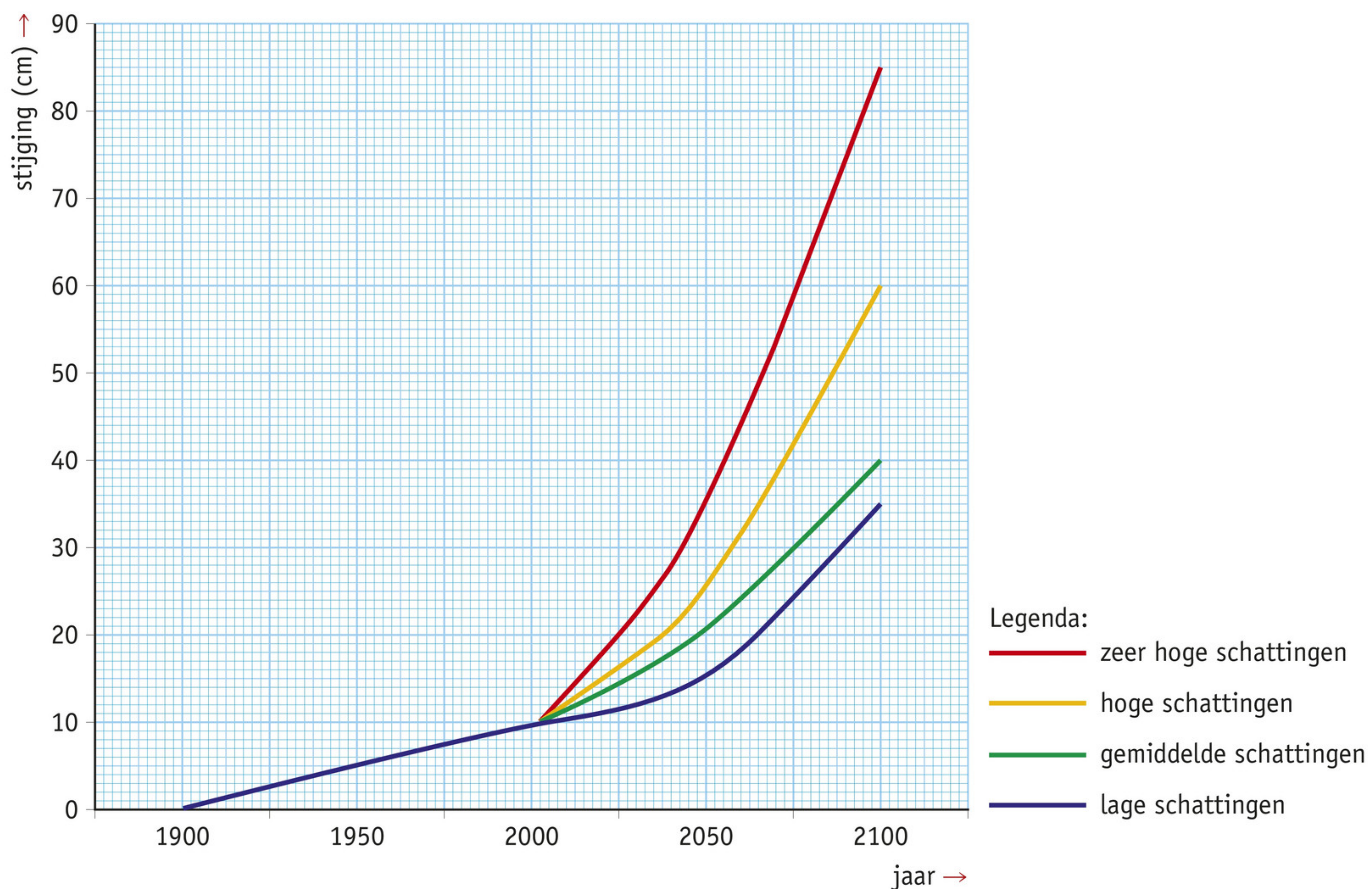
GEVOLGEN VAN HET VERSTERKTE BROEIKASEFFECT

Over de precieze gevolgen van versterking van het broeikaseffect is nog niet alles bekend. Wel is duidelijk dat hierdoor klimaatverandering kan optreden. Afbeelding 61 toont de verandering in de gemiddelde temperatuur in Nederland en in de wereld sinds 1900. In deze periode is de zeespiegel ongeveer vijftien centimeter gestegen. Dit is vooral veroorzaakt door uitzetting van het water door temperatuurstijging. Als de gemiddelde temperatuur op aarde verder stijgt, zal door uitzetting van water de zeespiegel verder stijgen. Bovendien zal een deel van het poolijs, vooral het landijs op de Zuidpool, en een deel van het ijs op gletsjers smelten. Ook hierdoor stijgt de zeespiegel (zie afbeelding 62).

► **Afb. 61** Verandering van de gemiddelde temperatuur in Nederland en in de wereld.



▼ **Afb. 62** Zeespiegelstijging (Nederlandse kust).



Door verhoging van de gemiddelde temperatuur op aarde ontstaat er in sommige gebieden droogte en worden de woestijnen groter. In andere gebieden valt juist meer regen. Volgens sommige wetenschappers zal de voedselvoorziening in gevaar komen, doordat de landbouw in grote gebieden onmogelijk wordt. Volgens anderen kan het versterkte broeikaseffect een gunstige invloed hebben op de landbouw. Klimaatverandering leidt ook tot veranderende ecosystemen. Planten en dieren die in Nederland voorkomen, sterven uit of trekken naar het noorden. Omgekeerd komen planten en dieren uit zuidelijke streken naar het noorden.

opdrachten

- 68 Enkele broeikasgassen zijn koolstofdioxide, waterdamp en methaan.
- Welke functie hebben broeikasgassen in de atmosfeer bij de regeling van de temperatuur op aarde?
 - Leg uit waardoor het verbranden van fossiele brandstoffen de huidige kringloop van koolstof verstoort.
 - Als de gemiddelde temperatuur op aarde stijgt, zal de hoeveelheid waterdamp in de atmosfeer toenemen door extra verdamping uit oceanen. Neemt hierdoor het broeikaseffect toe of af? Leg je antwoord uit.
 - Waarom wordt methaan ook wel moerasgas genoemd?
- 69 a Door stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde kunnen laaggelegen gebieden op aarde onder water lopen. Leg uit hoe dat komt.
- Volgens sommige wetenschappers kan het versterkte broeikaseffect een gunstige invloed hebben op de landbouw. Leg uit hoe dat kan.

MOGELIJKE OPLOSSINGEN

Een oplossing die bijdraagt aan het verminderen van de hoeveelheid CO_2 in de lucht is er nog niet. Wel zijn er manieren om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. In plaats van fossiele brandstoffen kun je duurzame of **hernieuwbare energiebronnen** gebruiken om energie op te wekken, zoals wind, water, zon en aardwarmte. Deze energiebronnen zijn overal op aarde aanwezig, raken niet op en bij gebruik ervan komt geen extra CO_2 in de atmosfeer.

Een andere manier om energie op te wekken, is het verbranden, vergassen of vergisten van biomassa. **Biomassa** is in deze context een verzamelnaam voor organisch (rest)materiaal zoals hout, gft-afval, rioolslib, plantaardige olie en mest. Biomassa is hernieuwbaar en bij de verbranding ervan komt minder CO_2 vrij dan bij gebruik van fossiele brandstoffen. Bovendien is dit CO_2 onderdeel van de korte koolstofkringloop.

Biobrandstoffen zijn brandstoffen die afkomstig zijn uit biomassa. Bij de productie wordt vooral gebruikgemaakt van plantaardig en dierlijk restmateriaal. Door plantaardig restmateriaal te vergisten, kan bio-ethanol of biodiesel worden gemaakt. Ook uit algen en zeewier kan energie worden gewonnen (zie de context Energie uit zeewier).

Ten slotte kun je ook aan **energiebesparing** doen om de uitstoot van de hoeveelheid CO_2 in de lucht te verminderen. Je kunt op verschillende manieren energie besparen. Bijvoorbeeld door:

- de verwarming een graadje lager te zetten.
- de verwarming alleen aan te zetten als je er gebruik van maakt.
- minder lang te douchen.
- lampen te vervangen voor ledverlichting
- sluiptverbruik te voorkomen. Apparaten die stand-by staan verbruiken ook energie, net als een telefoonoplader die in het stopcontact zit, maar waar geen telefoon aan zit.

opdrachten

- 70 In het verleden werd voor de productie van biobrandstof vooral suikerriet of maïs gebruikt. Deze gewassen werden speciaal gekweekt als grondstof voor energiewinning.
- Leg uit dat het duurzamer is om voor de energiewinning restmateriaal te gebruiken in plaats van speciaal gekweekte planten.

▼ **Afb. 63** Mestvergistingssysteem bij een melkveehouderij.



- 71 a Leg uit waardoor het gebruik van fossiele brandstof wel bijdraagt aan een versterkt broeikaseffect en het gebruik van bio-ethanol uit plantaardig restafval niet.
- b Biobrandstoffen worden hernieuwbaar genoemd. Wat betekent ‘hernieuwbare energie’?
- c Noteer nog enkele voorbeelden van hernieuwbare energiebronnen.
- 72 Sinds het cambrium is een groot deel van de CO₂ uit de lucht verdwenen. Waar is de koolstof gebleven?

CONTEXT

Wetenschap

Energie uit zeewier

Binnenkort is het mogelijk om voldoende energie uit algen (zeewier) te halen tegen een concurrerende prijs. Dat zeggen wetenschappers van het Energieonderzoek Centrum Nederland. Met nieuwe technieken hebben wetenschappers aangetoond dat er rendabel kan worden gekweekt en geoogst, waardoor de ontwikkeling van zeewierfarms voor de productie van biomassa voor biobrandstof, chemicaliën en voedingsstoffen steeds dichterbij komt. Deze zeewierfarms bestaan uit duizenden vierkante meters aan matten waarop zeewier groeit. Deze worden in de Noordzee op een diepte tussen één tot drie meter gelegd.

Zeewier bevat koolhydraten en relatief veel eiwitten. Die eiwitten komen vrij wanneer uit het zeewier chemicaliën en biobrandstof worden geproduceerd. De kweek van zeewier voor de productie van voedingsstoffen concurreert dus niet met die voor biobrandstof en chemicaliën. Daardoor is het een ideaal gewas voor de voedsel- en energievoorziening.

▼ Afb. 64 Energie uit algen.



opdracht

- 73 Regelmatig wordt het zeewier geoogst.
- a Welk probleem kan zich voordoen bij de nutriëntenhuishouding als zeewier wordt geoogst?
- b Welk probleem kan zich voordoen als op duizenden vierkante meters alleen maar zeewier (en geen andere soorten planten) wordt gekweekt?
- c Deskundigen suggereren om zeewierfarms te plaatsen in de nabijheid van bestaande viskwekerijen. Welke twee voordelen heeft dit?
- d Op welke manier kunnen zeewierfarms in de toekomst ook bijdragen aan een oplossing voor het mondiale voedselprobleem?

Je hebt nu de basisstof van dit thema doorgewerkt.

- Doe online de verrijkingsstoffen, de flitskaarten, de oefentoets en de Versterk Jezelf.
- Ga in het boek verder met de Samenhang en de Examentrainer.

Leerdoelen

- Je kunt de invloed van medicijnen en oestrogenen op het milieu en de mens toelichten voor verschillende organisatieniveaus van de biologie.
- Je kunt de biologische vakvaardigheden evolutionair denken en systeemdenken toepassen op de verspreiding van medicijnen en oestrogenen in het milieu.

▼ **Afb. 1** Door hartmedicijnen kunnen vissen minder snel wegvlugten.



Vissen aan de pil

Mannelijke vissen die vervrouwelijken en kreeften aan de antidepressiemiddelen. Wat is er aan de hand in de natuur?

EICELLEN IN DE TESTES

Het antwoord is simpel: het oppervlaktewater bevat geneesmiddelen, bestrijdingsmiddelen en hormonen. Deze microverontreinigingen zijn afkomstig uit afvalwater van ziekenhuizen, boerderijen en woningen. Via de rioolzuiveringsinstallaties wordt het water geloosd op het oppervlaktewater. Het water bevat dan nog sporen van al deze stoffen.

Waterdieren worden continu blootgesteld aan deze stoffen. Ze nemen ze op via de huid, de kieuwen, het verteringsstelsel en zelfs via de bevruchte eitjes. Door accumulatie kan deze voortdurende blootstelling zorgen voor schadelijke biologische effecten, zoals veranderingen in de bouw of het functioneren van organen of het gedrag van een dier.

Voor de synthetische oestrogenen, afkomstig van de anticonceptiepil, baren de wetenschappers zorgen. In rivieren zwemmen al mannelijke vissen rond met een vervrouwelijkt geslachtsorgaan en eicellen in de testes. Zelfs blootstelling aan lage concentraties oestrogenen kan bij vissen al leiden tot een verminderde vruchtbaarheid en dus voortplanting.

PROOI DOOR PROZAC

Ook geneesmiddelen komen, weliswaar in erg lage concentraties, voor in het oppervlaktewater. Ze lijken bij kortdurende blootstelling onschadelijk voor waterdieren. De effecten op de lange termijn zijn echter moeilijk te voorspellen, want onder natuurlijke omstandigheden is dit lastig te onderzoeken. Dat komt doordat in de natuur meerdere biotische en abiotische factoren invloed hebben op de ontwikkeling van de waterdieren.

Onder gecontroleerde laboratoriumomstandigheden zijn er wel effecten gemeten. Zo blijkt het antidepressivum Prozac ervoor te zorgen dat kreeftachtigen naar het licht toe zwemmen in plaats van naar het donker. Daardoor worden zij een gemakkelijke prooi. Bij mosselen zorgt Prozac voor massale voortplanting, ook als de omstandigheden ongunstig zijn. Daarnaast zijn er hartmedicijnen die ervoor zorgen dat vissen minder snel kunnen wegvlugten, omdat ze door deze medicijnen een lager hartritme hebben (zie afbeelding 1).

Al deze veranderingen zijn alleen onder laboratoriumomstandigheden waargenomen. Toch zijn veel wetenschappers het erover eens dat microverontreinigingen zoals geneesmiddelen en hormonen serieuze effecten kunnen hebben. Ze pleiten ervoor dat we het verontreinigde water al bij de bron zuiveren. Wij mensen hoeven ons overigens geen zorgen te maken: ons drinkwater wordt goed gezuiverd en behoort wat de kwaliteit betreft tot het beste ter wereld.

Organisatieniveau	Begrip
Biosfeer	
Ecosysteem	
Populatie	
Organisme	
Orgaanstelsel	
Orgaan	
Cel	
Molecuul	

opdrachten

- 1 Neem de tabel over en vul de begrippen in bij het juiste organisatieniveau. Kies uit: *eicel – hart – hormoon – huid – kieuw – kreeft – mensen – mossel – oestrogeen – Prozac – rivier – testes – verteringsstelsel – vissen*.
- 2 Geneesmiddelen komen in lage concentraties voor in het oppervlaktewater. Toch kunnen ze op de lange duur een nadelig effect hebben voor waterdieren. Leg dit uit.
- 3 Leg uit waardoor mannelijke vissen door oestrogenen kunnen vervrouwelijken.
- 4
 - a Sommige wetenschappers vrezen dat een hele vispopulatie zou kunnen instorten doordat de aanwezigheid van oestrogenen in het wateroppervlak leidt tot verminderde vruchtbaarheid bij mannetjesvissen. Leg dit uit.
 - b De aanwezigheid van extra oestrogenen in het oppervlaktewater kan uiteindelijk het ecosysteem nadelig beïnvloeden. Leg dit uit.
- 5 Komen de natuurlijke oestrogenen alleen uit de urine van vrouwen of ook uit urine van mannen? Leg je antwoord uit.
- 6 Hartmedicijnen leiden bij vissen tot een lager hartritme. Verklaar waardoor vissen dan minder snel kunnen vluchten.
- 7 Er zijn meerdere manieren om microverontreinigingen in het milieu te verminderen: bronmaatregelen waarbij het afvalwater direct bij de bron (bijvoorbeeld ziekenhuizen) wordt gezuiverd, en end-of-pipe-maatregelen waarbij de verontreiniging er pas wordt uitgethaald bij waterzuiveringsinstallaties.
 - a Welk type maatregel is het best (duurzaamst)? Leg je antwoord uit.
 - b Urine en ontlasting van mensen met kanker die chemotherapie ondergaan, wordt steeds vaker apart opgevangen en (na)behandeld. Leg uit waarom dit een goede milieumaatregel is.
 - c Is het opvangen van urine en ontlasting bij kankerpatiënten vooral een bronmaatregel of een end-of-pipe-maatregel?
- 8 Prozac is een antidepressiemiddel dat bij mensen gedragsveranderingen kan veroorzaken.
 - a Verklaar waarom Prozac dit effect ook heeft bij kreeftachtigen, mosselen en vissen.
 - b Geneesmiddelen en hormonen grijpen bij mensen aan op specifieke receptoren, waardoor zij biologische processen kunnen beïnvloeden. Deze receptoren komen ook voor bij vissen, zodat deze middelen ook daar biologische processen kunnen beïnvloeden. Leg uit dat dit gegeven een argument voor de evolutietheorie kan zijn.

practicumopdracht 1

MATERIAAL

- een stukje tak met korstmos
- een microscoop
- prepareermateriaal

practicumopdracht 2

MATERIAAL

- een computer met Excel
- Excelbestand met de gegevens uit afbeelding 1

▼ **Afb. 1** Vergelijking van het aantal bodemdieren in twee verschillende biotopen (methode: lijntransect).

Soort	Tuin 1	Tuin 2
Duizendpoot	8	2
Gewone loopkever	12	1
Huisjesslak	5	0
Kortschildkever	4	0
Kruisspin	4	5
Mier	0	28
Miljoenpoot	9	1
Naaktslak	6	1
Oorworm	7	2
Pissebed	12	34
Rolpissebed	8	1
Aantal soorten	10	9
Totaal	75	75

Practica

Korstmossen

►► BASISSTOF 2

In deze practicumopdracht ga je met een microscoop een preparaat bekijken en tekenen. Het doel van deze opdracht is dat je na afronding weet hoe een korstmos is samengesteld.

METHODE

- Snijd van een stukje korstmos enkele schilfertjes af en maak hiervan een preparaat. Bij sommige korstmossen is het niet goed mogelijk schilfertjes af te snijden. In dat geval moet je met twee prepareernaalden een klein stukje korstmos voorzichtig uiteenrafelen en hiervan een preparaat maken.
- Bekijk het preparaat bij een vergroting van 400×. Je ziet algen en schimmels.

RESULTATEN

Een tekening waarin de cellen van de algen en schimmels zijn aangegeven.

Biodiversiteit

►► BASISSTOF 4

Biodiversiteit of biologische diversiteit is een begrip dat wordt gebruikt voor de graad van verscheidenheid aan levensvormen (soorten, genen, ...) binnen een ecosysteem. In deze practicumopdracht ga je de biodiversiteit van twee verschillende gebieden vergelijken.

METHODE

Je doet dit met behulp van de diversiteitsindex, ook wel Yule's index genoemd. De diversiteitsindex is gebaseerd op het meten van de soortenrijkdom. Je meet de soortenrijkdom in twee verschillende gebieden. Het kan bijvoorbeeld gaan om het aantal diersoorten in de strooisellaag van een loofbos en een naaldbos, maar ook om het aantal vogelsoorten in een woonwijk en in een park, het aantal bacteriën op de deurkruk van het toilet en aan de binnenkant van je broodtrommel. Ook kun je denken aan het aantal plantensoorten per kwadrant in twee verschillende graslanden of het aantal waterdieren in twee verschillende sloten.

De index houdt rekening met het aantal verschillende soorten in een gebied en de verhouding tussen de gevonden aantallen. Op het schoolplein van school A komen bijvoorbeeld vijf verschillende korstmossen voor: twintig van elke soort. Op het schoolplein van school B komen ook vijf verschillende soorten voor: 45 van één soort, twee van een andere soort en van drie andere soorten elk één exemplaar. Het aantal soorten korstmossen is op elk schoolplein gelijk. De diversiteit op schoolplein A is echter veel groter. De diversiteitsindex Y (Yule's index) brengt deze verschillen aan het licht.

$$Y = \frac{N^2}{n_1(n_1 - 1) + n_2(n_2 - 1) + \dots \text{enz.}}$$

N = het totaal aantal waarnemingen in een gebied.

$n_1, n_2, \dots$ = aantal waarnemingen van eerste, tweede, ... soort.

Y = de kans dat na een waarneming van soort A bij een volgende waarneming een andere soort B zal worden waargenomen.

Bij het bepalen van de diversiteit probeer je het totale aantal waarnemingen (N) in elk gebied dat je onderzoekt zo veel mogelijk gelijk te houden. Zo is zowel in tuin 1 als in tuin 2 het aantal dieren 75 (zie afbeelding 1). Het aantal soorten in tuin 1 en tuin 2 verschilt weinig. Toch is de biodiversiteit in tuin 1 groter door de verhouding waarin de verschillende soorten voorkomen.

UITVOERING

- Voer volgens de natuurwetenschappelijke methode een onderzoek uit naar de soortenrijkdom van een bepaalde groep organismen in twee verschillende gebieden met behulp van de diversiteitsindex.
- Van je docent krijg je een Excel-bestand. In dit bestand zijn de gegevens uit afbeelding 1 als voorbeeld ingevuld. Vul in het Excel-bestand je meetgegevens in en bereken met behulp van het bestand de diversiteitsindex.
- Beschrijf de fasen van je onderzoek.

RESULTATEN

Geef de resultaten overzichtelijk weer.

practicumopdracht 3

MATERIAAL

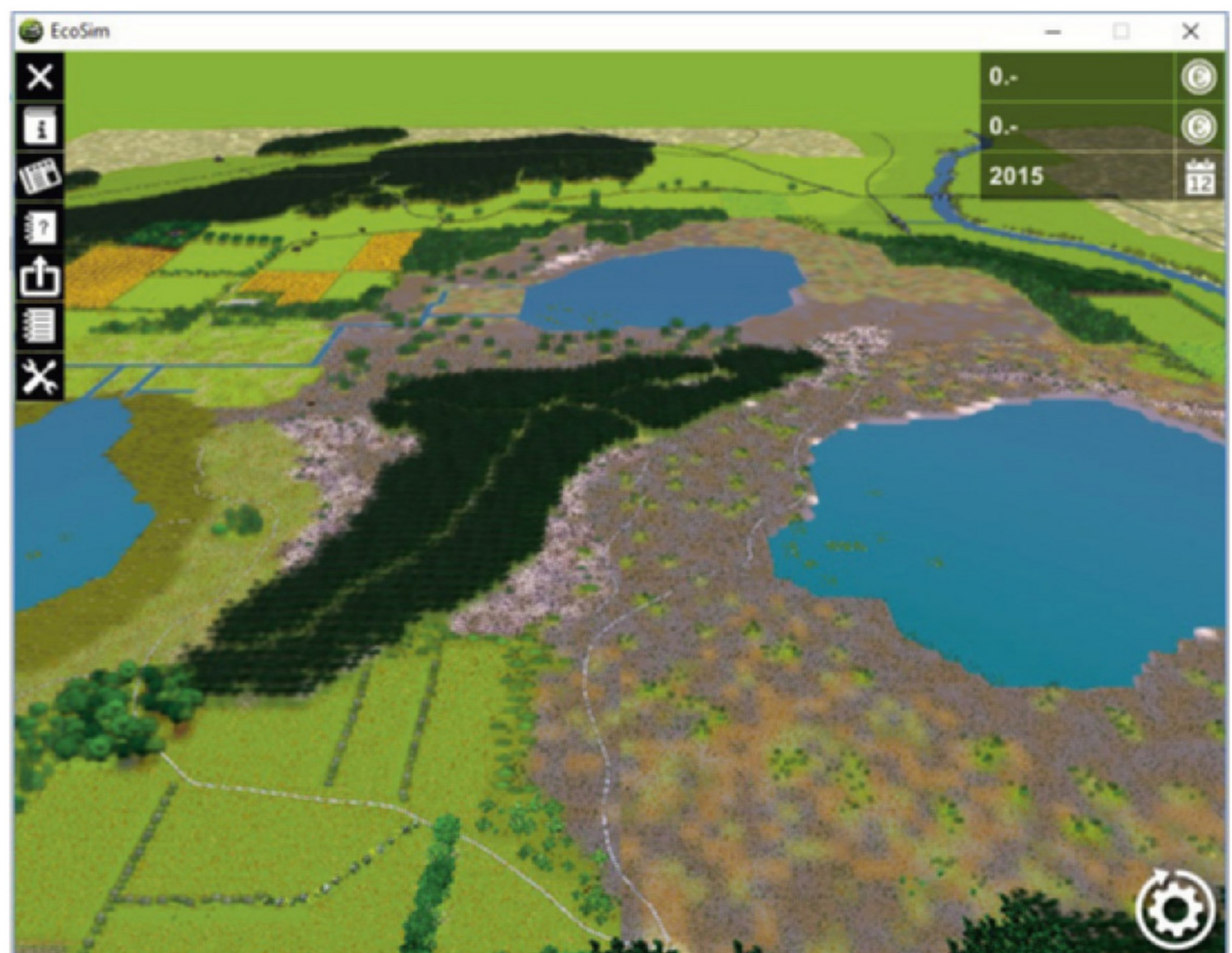
- een computer met simulatieprogramma Ecosim
- een model met knoflookpadden en zonnebaarsen in een drietal vennen

Simuleren met Ecosim

►► BASISSTOF 4

Een voorbeeld van een exoot is de zonnebaars. Deze vis is vanuit Amerika via vijvers in de Nederlandse wateren terechtgekomen en bedreigt daar andere soorten. In deze practicumopdracht onderzoek je maatregelen om dit tegen te gaan.

▼ **Afb. 2** Game Zonnebaarsellende met de drie vennen.



ONDERZOEKSVRAGEN

- Hoe ontwikkelen zich de aantallen van twee populaties (knoflookpadden en zonnebaarsen) als de laatstgenoemde het ecosysteem van de eerstgenoemde binnenkomen en de soorten een onderlinge voedselrelatie ontwikkelen?
- Wat kun je doen als de relatie zich voor de populatie van de knoflookpad ongunstig ontwikkelt?

HYPOTHESE

Formuleer bij beide onderzoeksvragen een hypothese.

METHODE

- Bekijk op YouTube de introductievideo van het natuurbeheersimulatieprogramma Ecosim.
- Open het programma Ecosim 2 en start de game Zonnebaarsellende.

In een introductie in deel 1 en 2 leer je hoe het programma werkt. Je zoekt informatie op in de bibliotheek van het programma over de zonnebaars, de knoflookpad en de drie vennen waarin zij kunnen leven. Je formuleert vervolgens een hypothese over de ontwikkeling van de populatie van de knoflookpad en die van de zonnebaars in die drie vennen. Je laat de populaties zich een aantal jaren ontwikkelen en maakt en bekijkt grafieken van de populatieontwikkeling van beide.

Daarna begint het eigenlijke werk in deel 3. Hoe kan de groei van de exoot ten koste van de knoflookpad worden tegengegaan? Je formuleert hypothesen en voert op grond daarvan maatregelen in om antwoord te krijgen op de onderzoeksvraag. Je onderzoekt het effect en de kosten van de door jou bedachte maatregelen. Probeer maatregelen te vinden met het hoogste rendement en de minste kosten.

RESULTATEN

Noteer de resultaten van je onderzoek in het verslag dat je tijdens de game maakt. Voeg de grafieken en teksten uit het programma in het verslag in.

CONCLUSIE

De zonnebaars neemt inderdaad eerst in aantal toe en zorgt voor een afname van de knoflookpad.

DISCUSSIE

Beantwoord de volgende vragen.

- 1** Als je hypothese(n) wordt (worden) verworpen, wat is daarvoor dan de verklaring? Kijk vooral naar de resultaten in ven 3.
- 2** Leg uit dat de beste maatregel niet alleen afhangt van het hoogste rendement in het terugdringen van de zonnebaars.

practicumopdracht 4

MATERIAAL

- zaden of kiemplanten van bijvoorbeeld boon of tuinkers
- petrischaaltjes met filtreerpapier of watten
- water
- bekgelazen
- lampen in de kleuren blauw, geel, groen en rood of 'witte' lampen en gekleurd doorzichtig folie in de kleuren blauw, geel, groen en rood

▼ **Afb. 3** Ledverlichting in een kas.



Invloed van kleur (golflengte) op de ontwikkeling van planten

►► BASISSTOF 7

In Nederlandse kassen wordt gewerkt met variatie in verlichting om de productie op te voeren. Anders dan in de volle grond op de akker wordt in kassen het normale dag- en nachtritme doorbroken door meer licht aan te bieden en daarmee de fotosynthese te stimuleren. Bovendien wordt gewerkt met de kleur (golflengte) van de verlichting die het beste resultaat oplevert (zie afbeelding 3). In deze practicumopdracht ga je onderzoeken of de kleur van het licht invloed heeft op de groei en ontwikkeling van planten.

ONDERZOEKSVRAAG

Heeft de kleur (golflengte) van het licht invloed op de groei en ontwikkeling van planten, afgemeten aan de ontwikkelde biomassa?

HYPOTHESE

Vooraf blauw en rood licht zorgen voor een sterkere fotosynthese en groei en dus voor een hogere biomassaproductie van planten.

METHODE

Bedenk zelf een proefopstelling om in het klein een kas na te bootsen en onderzoek de invloed van de lichtkleur. Gebruik afhankelijk van het materiaal dat op school beschikbaar is, een serie gekleurde (led)lampen of witte lampen met een kleurfilter ervoor. Maak ook een controlegroep waarbij je alleen wit licht gebruikt. Maak een duidelijk schema met een tekening van je opstelling en je werkplan en geef daarbij aan wat je motivering is om het zo te doen. Laat dit schema controleren door je docent of de toa.

RESULTATEN

Zet de resultaten van je experimenten uit in een tabel en/of een grafiek.

CONCLUSIE

- 1 Beantwoord de onderzoeksvraag. Is de hypothese juist?

DISCUSSIE

Beantwoord de volgende vragen.

- 2 Noteer een voordeel en een nadeel van het werken met zaden bij dit experiment. Doe hetzelfde voor werken met kiemplanten.
- 3 Wat was de reden om te werken met de door jou gekozen plantensoort?
- 4 Leg uit dat bedrijven in de glastuinbouw een voorkeur hebben voor het gebruik van ledlampen bij de kasverlichting.
- 5 Geef een verklaring voor de gevonden verschillen tussen de groei van planten bij verschillende golflengten. Betrek in je antwoord het feit dat chlorofyl (bladgroen) de hoofdrol speelt bij de fotosynthese.
- 6 Is er verschil in groeivorm van de planten bij de twee golflengten met de sterkste groei?
- 7 Wat is het verband tussen fotosynthese en een hogere opbrengst in de kas?

Samenvatting

LEERDOEL 1 ►► BASISSTOF 1

Je kunt biotische en abiotische factoren binnen een ecosysteem benoemen.

- Organisme (individu): één levend wezen.
- Populatie: groep organismen van dezelfde soort in een bepaald gebied, die samen een voortplantingsgemeenschap vormen.
- Levensgemeenschap: alle populaties in een ecosysteem.
- Ecosysteem: min of meer natuurlijk begreemd deel van de biosfeer (bijv. duingebied, heideveld).
- Biotische factoren: invloeden afkomstig van de levende natuur.
- Abiotische factoren: invloeden van de levenloze natuur.
 - De abiotische factoren in een ecosysteem vormen samen de biotoop.
- Binnen een ecosysteem heeft elke soort zijn eigen habitat (het leefgebied van een organisme).

LEERDOEL 2 ►► BASISSTOF 1

Je kunt de invloed van de belangrijkste abiotische factoren op organismen beschrijven.

- Bodemgesteldheid.
 - Zand: grote bodemdeeltjes, veel lucht en weinig water. Kan water niet goed vasthouden.
 - Klei: kleine bodemdeeltjes, weinig lucht en veel water. Kan water goed vasthouden.
 - Humus: mengsel van organische en anorganische stoffen en micro-organismen (reducenten). Humus verbetert de structuur van de bodem en gaat uitspoeling van mineralen tegen.
 - Andere factoren: o.a. de pH (zuurgraad), grondwaterstand, gehalte aan mineralen.
- Licht.
 - Zonplanten groeien het best bij een hoge lichtintensiteit (bijv. in het open veld), schaduwplanten bij een lage lichtintensiteit (bijv. op de bodem van een loofbos).
 - De daglengte heeft bij veel organismen invloed op het tijdstip van voortplanting (bijv. bloemvorming bij planten, paring bij dieren).
 - In zeeën en oceanen dringt alleen licht door in de bovenste lagen.
- Water.
 - Landplanten in een vochtig milieu hebben zwak ontwikkelde wortelstelsels, bladeren met een dunne cuticula en veel huidmondjes.
 - Landplanten in een droog milieu hebben goed ontwikkelde wortelstelsels, bladeren met een dikke cuticula en weinig huidmondjes (speciaal aan de onderkant van de bladeren).

- Temperatuur.
 - De enzymactiviteit is afhankelijk van de temperatuur.

LEERDOEL 3 ►► BASISSTOF 1

Je kunt veranderingen van abiotische en biotische factoren beschrijven.

- Tolerantie: het vermogen van organismen om schommelingen in een abiotische factor te verdragen.
 - Optimum: de waarde van een abiotische factor die het gunstigst is voor het organisme.
 - Beperkende factor: abiotische factor die bepaalt hoeveel organismen van een soort in een gebied kunnen overleven.
- Verspreidingsgebied: het gebied op aarde waar een soort voorkomt.
 - Soorten met een grote tolerantie hebben een groot verspreidingsgebied.

LEERDOEL 4 ►► BASISSTOF 2

Je kunt binnen een ecosysteem vormen van concurrentie en van coöperatie onderscheiden.

- Concurrentie: bijv. om voedsel, ruimte, een partner.
- Concurrentie tussen populaties is meestal minder sterk dan binnen een populatie.
- Natuurlijke selectie: de organismen die het best zijn aangepast aan het milieu, hebben de grootste overlevingskansen.
 - Bij sterke concurrentie is de selectiedruk groot.
 - Door natuurlijke selectie kan de diversiteit in populaties en ecosystemen veranderen.
- Symbiose: langdurige samenleving van organismen van verschillende soorten.
 - Mutualisme: beide organismen hebben voordeel.
 - Commensalisme: het ene organisme heeft voordeel en het andere geen voordeel en geen nadeel.
 - Parasitisme: een organisme (parasiet) leeft op of in een organisme van een andere soort (gastheer) en onttrekt er voedsel aan.

LEERDOEL 5 ►► BASISSTOF 2

Je kunt de dynamiek en het evenwicht in een ecosysteem beschrijven.

- Populatiegrootte: gemiddeld aantal organismen van een soort per oppervlakte-eenheid (op het land) of per volume-eenheid (in het water).
- Factoren die van invloed zijn op de populatiegrootte:
 - predatie, parasitisme, ziekte, concurrentie;
 - geboorte, sterfte, migratie;
 - factoren veroorzaakt door het klimaat of door de mens.
- Biologisch evenwicht: toestand waarin de populatiegrootte van elke soort in een ecosysteem schommelt om een bepaalde waarde.

- Een biologisch evenwicht wordt gehandhaafd door negatieve terugkoppeling.
 - Als de populatie groter wordt, nemen predatie, parasitisme en ziekten toe en neemt de hoeveelheid voedsel af. Hierdoor krimpt de populatie weer.
 - Als de populatie kleiner wordt, nemen predatie, parasitisme en ziekten af en neemt de hoeveelheid voedsel toe. Hierdoor groeit de populatie weer.
- Als een soort zich nieuw in een ecosysteem vestigt, kan populatiegroei plaatsvinden.
 - Inheems: soort die van nature in een gebied voorkomt.
 - Uitheems: soort die van nature niet in een gebied voorkomt.
 - Exoot: soort die als gevolg van menselijk handelen terechtkomt in een gebied waar hij van oorsprong niet thuishoort.
- Draagkracht: de maximale populatiegrootte in een ecosysteem.
 - Na het instorten van een populatie kan zich een nieuw biologisch evenwicht instellen, meestal met een lagere draagkracht.

LEERDOEL 6 ►► BASISSTOF 3

Je kunt de voedselrelaties en de informatienetwerken binnen een ecosysteem beschrijven.

- Informatienetwerk: communicatie via stoffen tussen organismen in een ecosysteem.
 - Bij planten: signaalstoffen.
 - Andere planten reageren op signaalstoffen, bijv. door de aanmaak van gifstoffen.
- Voedselketen: een reeks soorten waarbij elke soort een voedselbron is voor de volgende soort.
- Trofisch niveau: plaats in de voedselketen.
 - Het eerste trofische niveau bestaat uit autotrofe organismen.
- Voedselweb: het geheel van voedselrelaties in een levensgemeenschap.
- Producenten: organismen die in staat zijn tot koolstofassimilatie (autotroof).
 - Leveren de organische stoffen waar het hele ecosysteem van leeft.
- Consumenten: organismen die andere organismen als voedsel nodig hebben (heterotroof).
 - Planteneters (herbivoren), vleeseters (carnivoren), alleseters (omnivoren) en afvaleters (detrivoren).
 - Consumenten van de eerste orde worden gegeten door consumenten van de tweede orde, die worden gegeten door consumenten van de derde orde, enz.
- Reducenten breken organische resten af tot anorganische stoffen (mineralisatie).

- Assimilatie: vorming van grote organische moleculen uit kleine (anorganische) moleculen.
 - Koolstofassimilatie: vorming van glucose uit koolstofdioxide en water(stof). De benodigde energie is bij fotosynthese afkomstig van licht.
 - Voortgezette assimilatie: vorming van koolhydraten, eiwitten, vetten en DNA uit glucose.
- Dissimilatie: afbraak van organische moleculen. Hierbij komt energie vrij.

LEERDOEL 7 ►► BASISSTOF 3

Je kunt de energiestroom door een ecosysteem beschrijven

- Ecologische piramiden geven de voedselrelaties in een ecosysteem weer.
 - Piramide van aantallen: aantal organismen per trofisch niveau.
 - Piramide van biomassa: biomassa per trofisch niveau.
- De energiestroom door een ecosysteem.
 - Productie: alle biomassa die in een ecosysteem door producenten wordt gevormd.
 - Energieverlies: door afgestorven weefsels, onverteerd voedsel en dissimilatie.

LEERDOEL 8 ►► BASISSTOF 4

Je kunt enkele ecosystemen beschrijven aan de hand van kenmerkende soorten.

- Elk ecosysteem heeft zijn kenmerkende soorten. Bijv.:
 - duinen: biestaruwegras, slangenkruid, dopheide;
 - heide: dopheide, kraaiheide, struikheide;
 - meer: brasem, muggenlarven, slakken, voorns, waterpest;
 - naaldbos: bekertjesmos, douglasspar, grove den, zwarte specht.

LEERDOEL 9 ►► BASISSTOF 4

Je kunt veranderingen in een ecosysteem beschrijven.

- Successie: verandering van de soortensamenstelling in een levensgemeenschap.
- Pionierecosysteem: ecosysteem dat als eerste ontstaat in een onbegroeid gebied.
- Climaxecosysteem: laatste stadium in de successie.
 - Bijv. tropische regenwouden, koraalriffen en (in Nederland) loofbossen.
- Primaire successie: successie op een kale ondergrond.
- Secundaire successie: successie als er al een bodem met humus aanwezig is.
- Erosie: de bovenste laag van de bodem spoelt of waait weg.
- Een ecosysteem kan in verschillende evenwichts-situaties verkeren.

Pionierecosysteem	Climaxecosysteem
Sterk wisselende abiotische factoren	gematigde abiotische factoren
Vaak een humusarme bodem	een humusrijke bodem
Een kleine diversiteit aan soorten	een grote diversiteit aan soorten
Eenvoudig voedselweb	ingewikkeld voedselweb
Een geringe biomassa	een grote biomassa
De productie is groter dan de afbraak.	De productie is gelijk aan de afbraak.
De kringlopen zijn open.	De kringlopen zijn gesloten.
De vegetatie heeft nauwelijks lagen.	De vegetatie bestaat uit meerdere lagen.
De vegetatie is nauwelijks gelaagd.	De vegetatie bestaat uit meerdere lagen.

LEERDOEL 10 ►► BASISSTOF 4

Je kunt in een model gegeven informatie over eco-systemen gebruiken, bewerken en analyseren.

- Ecologisch model:
 - voorraadgrootheden: onderdelen waar iets bij komt of af gaat;
 - constanten: factoren die niet door iets anders in het model worden beïnvloed;
 - stroompijlen: geven instroom en/of uitstroom aan.

LEERDOEL 11 ►► BASISSTOF 5

Je kent de voornaamste oorzaken en gevolgen van de milieuproblemen.

- Oorzaken van milieuproblemen:
 - de bevolkingsgroei;
 - de veranderde wijze van leven (industriële productie, chemische en technische ontwikkeling, grootschalige landbouw, veranderde infrastructuur en welvaartsgroei).
- Gevolgen van milieuproblemen:
 - vervuiling door afvalstoffen;
 - uitputting van grondstoffen;
 - aantasting van het landschap;
 - vermindering van de biodiversiteit.

LEERDOEL 12 ►► BASISSTOF 5

Je kunt uitleggen wat onder duurzame ontwikkeling wordt verstaan.

- Duurzame ontwikkeling: vooruitgang die niet ten koste gaat van mensen of de natuur.
- Voorbeelden van duurzame processen:
 - hergebruik van producten;
 - energie uit hernieuwbare en/of duurzame bronnen;

- recyclen: het opnieuw gebruiken van grondstoffen en materialen voor een vergelijkbaar doel of voor een ander doel.
- Door recyclen of hergebruik zijn er minder grondstoffen nodig.

LEERDOEL 13 ►► BASISSTOF 5

Je kent maatregelen voor natuurbescherming.

- Natuurbescherming: het behouden of het ontwikkelen van natuur met als doel om de biodiversiteit te behouden.
- Maatregelen voor natuurbescherming:
 - behouden van natuur door menselijk ingrijpen;
 - aanbrengen van variatie in het landschap;
 - tegengaan van versnippering;
 - vergroten van het verspreidingsgebied van soorten;
 - beheer van natuurgebieden door de overheid en organisaties;
 - (her)introductie van nieuwe soorten.
- Rode lijst: overzicht van soorten die uit Nederland zijn verdwenen of dreigen te verdwijnen.
 - De soort moet zich in Nederland voortplanten.
 - De soort wordt pas wettelijk beschermd na opname in de Wet natuurbescherming.

LEERDOEL 14 ►► BASISSTOF 6

Je kunt de koolstofkringloop beschrijven.

- Producenten nemen koolstofdioxide (CO_2) op uit de lucht en produceren hiermee organische stoffen.
- Consumenten nemen de organische stoffen van andere organismen op als voedsel.
- Reducenten breken organische resten af tot anorganische stoffen, waaronder CO_2 .
- Door verbranding van fossiele brandstoffen komt extra CO_2 in de koolstofkringloop.

LEERDOEL 15 ►► BASISSTOF 6

Je kunt de stikstofkringloop beschrijven.

- Producenten nemen stikstof vooral op in nitraationen (NO_3^-).
 - Uit nitraationen en glucose worden stikstofhoudende organische verbindingen (bijv. eiwitten) opgebouwd.
- Consumenten scheiden stikstof uit met hun urine (als ammoniak, ureum of urinezuur).
- Ammonificatie: reducenten breken organische stikstofverbindingen af tot o.a. ammoniak (NH_3).
- Nitrificatie: nitrietbacteriën zetten ammoniak en ammoniumionen (NH_4^+) om in nitrietionen (NO_2^-) en nitraatbacteriën zetten nitrietionen om in nitraationen.
 - Nitrificerende bacteriën zijn actief in een zuurstofrijke bodem.

- Denitrificatie: denitrificerende bacteriën zetten nitraten om in gasvormige stikstof (N_2).
 - Denitrificerende bacteriën zijn actief in een zuurstof-arme bodem.
- Stikstofbinding: stikstofbindende bacteriën zetten gasvormige stikstof om in ammoniak.
 - Stikstofbinding kan alleen plaatsvinden onder anaerobe omstandigheden.
 - Stikstofbindende bacteriën: vrij levend in de bodem en in de wortelknolletjes van vlinderbloemige planten.

LEERDOEL 16 ►► BASISSTOF 7

Je kent manieren waarop een optimale productie van voedsel kan worden verkregen.

- Bemesting.
 - Door oogsten en uitspoeling worden mineralen (voedingsstoffen) onttrokken aan de kringloop van stoffen op landbouwgrond.
 - Met stalmest, kunstmest of groenbemesting worden weer mineralen (vooral stikstof en fosfaat) toegevoegd.
- Bescherming tegen ziekten en plagen:
 - Chemische bestrijding met pesticiden. Voordeel: effectief. Nadelen: vaak niet soortspecifiek, resistentie, persistentie en accumulatie.
 - Biologische bestrijding. Gebruik van biologische verschijnselen zoals natuurlijke vijanden (bijv. bestrijding van witte vlieg met sluipwespen).
- Biotechnologie.
 - Veredeling en fokken.
 - Genetische modificatie.

LEERDOEL 17 ►► BASISSTOF 7

Je kent oorzaken en gevolgen van eutrofiëring van water en mogelijke oplossingen daarvoor.

- Zelfreinigend vermogen van water: mineralisatie van organische afvalstoffen door reducenten.
- Eutrofiëring: sterke toename van de hoeveelheid mineralen (vooral fosfaat en nitraat) in oppervlaktewater.
- Oorzaken van eutrofiëring:
 - overbemesting met stalmest;
 - bemesting met kunstmest.
- Door afspoeling en uitspoeling komen mineralen terecht in oppervlaktewater.
 - Afspoeling: een deel van de mest spoelt van het land af naar het oppervlaktewater.
 - Uitspoeling: een deel van de mineralen spoelt via het grondwater uit naar het oppervlaktewater.
- Gevolgen van eutrofiëring:
 - verandering van de soortensamenstelling;
 - waterbloei.
- Gevolgen van waterbloei:

- grote hoeveelheden organische afvalstoffen;
- waardoor reducenten zich snel vermeerderen;
- waardoor zuurstofgebrek voor waterdieren;
- uiteindelijk stinkend, dood water.

LEERDOEL 18 ►► BASISSTOF 8

Je kent oorzaken en gevolgen van de klimaatverandering en mogelijke oplossingen daarvoor.

- Broeikaseffect: gassen in de atmosfeer houden warmtestraling van de aarde vast.
 - De belangrijkste broeikasgassen zijn koolstofdioxide, waterdamp en methaan.
- Oorzaken versterkte broeikaseffect:
 - vooral: stijging van de CO_2 -concentratie in de atmosfeer door toename van de verbranding van fossiele brandstoffen;
 - ook: methaangas uit veeteelt, toendra, rijstvelden en regenwoud.
- Gevolgen van versterkte broeikaseffect:
 - klimaatverandering (stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde);
 - stijging van de zeespiegel (zeewater zet uit en pool- en gletsjerijs smelt);
 - droogte in bepaalde gebieden (woestijnvorming), meer regen in andere gebieden;
 - verandering soortensamenstelling in ecosystemen.
- Mogelijke oplossing: hernieuwbare energiebronnen.
 - Zijn overal op aarde aanwezig, raken niet op en brengen geen extra CO_2 in de atmosfeer. Bijv. zon, wind, water, aardwarmte, mestvergisting.

COMPETENTIES/VAARDIGHEDEN

Je hebt de volgende vaardigheden geoefend:

- doelgericht zoeken, beoordelen en verwerken van informatie;
- analyseren welke rol biodiversiteit, successie en milieuproblemen hebben in natuurwetenschappelijk onderzoek, beroepen en de dagelijkse praktijk;
- toepassen van verschillende fasen en evalueren van natuurwetenschappelijk onderzoek;
- modelleren van veranderingen in een ecosysteem en voorspellen en valideren van resultaten in een model;
- geven van een beargumenteerde mening;
- vorm-functiedenken op de niveaus van moleculen, cellen en organismen;
- beredeneren van gevolgen van veranderingen in een levensgemeenschap of ecosysteem (ecologisch denken);
- verklaren van aanpassingen op het niveau van populaties met behulp van evolutiemechanismen (evolutionair denken);
- met elkaar in verband brengen van ecologische processen op verschillende organisatieniveaus (systeemdenken).

Examentrainer

LICHTJES IN ZEE

Naar: examen 2016-1, vraag 6, 7, 9 en 10.

In de zomer van 2015 werd aan de Zuid-Hollandse kust een rode kleur in het water gesignaleerd. Het bleek te gaan om zeevonk. 's Nachts werd in het water een blauwgroene gloed waargenomen. De gloed wordt veroorzaakt doordat zeevonken, als het water in beweging wordt gebracht, kleine lichtflitsjes afgeven. Dit verschijnsel heet bioluminescentie.

In de Waddenzee eet de zeevonk algen, bacteriën en jonge larven van bijvoorbeeld mossels en kokkels en daarnaast afgestorven plantaardig en dierlijk materiaal. De zeevonk wordt zelf gegeten door de pijlworm en de zeedruif (een kwalensoort). Als dit gebeurt, kunnen deze predatoren op hun beurt ook weer lichtgevend worden.

In de Waddenzee heeft de zeevonk een heterotrofe leefwijze.

- 2p 1 – Verklaar waarom de leefwijze van zeevonken in de Waddenzee heterotroof wordt genoemd.
– Verklaar waarom de leefwijze van zeevonken in de tropen autotroof kan worden genoemd.

- 2p In de tekst boven vraag 1 wordt een voedselweb beschreven.

- 2 Teken dit voedselweb.
Geef met de pijlen de richting van de energiestroom aan.

De zeedruif en de pijlworm hebben als predatoren een nuttige functie. Een teveel aan zeevonken per volume-eenheid zeewater (zeevonkbloei) kan tot zuurstofarm water leiden. Zeevonkbloei is op het wateroppervlak zichtbaar als een geeloranje drijvende laag. Niet de zeevonken veroorzaken deze kleur, maar bacteriën die de gestorven zeevonken afbreken.

- 2p 3 Waardoor ontstaat er zuurstofarm water bij zeevonkbloei?
- A Doordat er zo veel bacteriën zijn, die als producent vrijwel alle zuurstof gebruiken voor hun dissimilatie.
 - B Doordat er zo veel bacteriën zijn, die als reductent vrijwel alle zuurstof gebruiken voor hun dissimilatie.
 - C Doordat er zo veel zeevonken zijn, die als consument vrijwel alle zuurstof gebruiken voor hun assimilatie.
 - D Doordat er zo veel zeevonken zijn, die als reductent vrijwel alle zuurstof gebruiken voor hun assimilatie.

DE 'BIOBAG'

Naar: examen havo 2016-1, vraag 32, 33, 34, 35 en 37.

Julika, Emily en Marleen van een school in Den Haag hebben de Imagine Scholierenwedstrijd 2009/2010 gewonnen met het idee om in Guatemala houtkap te reduceren en de levensomstandigheden van de plaatselijke bevolking te verbeteren met behulp van een zogenoemde 'Biobag'.

De Biobag is een zak waarin uit organisch afval biogas wordt gemaakt met behulp van micro-organismen. Met dit biogas kunnen mensen koken. De Biobag verkleint op deze manier zowel de houtkap als de afvalberg. Guatemala is een land in Midden-Amerika waar een groot deel van de Indiaanse bevolking zijn brood verdient met landbouw. Zoals in meerdere tropische gebieden gaat dit ten koste van regenwouden. Doordat landbouwgronden uitgeput raken, worden bomen gekapt om nieuw akkerland te winnen. Door introductie en gebruik van de Biobag wordt afval vergist. De vrijgekomen mineralen kunnen weer worden gebruikt als mest voor de uitgeputte landbouwgronden. Het geproduceerde biogas kan worden gebruikt om op te koken. Hiervoor wordt nu voornamelijk gekapt hout gebruikt.

In de Biobag worden anaerobe bacteriën gebruikt om het afval af te breken.

- 2p 4 Waarom worden in de Biobag anaerobe en geen aerobe bacteriën gebruikt?
- A Alleen anaerobe bacteriën zorgen voor de juiste mineralen bij bemesting.
 - B Anaerobe bacteriën gebruiken minder zuurstof dan aerobe bacteriën.
 - C Anaerobe bacteriën leveren dissimilatieproducten die meer energie bevatten dan die van aerobe bacteriën.
 - D Anaerobe bacteriën produceren in korte tijd meer biomassa dan aerobe bacteriën.

De tropische regenwouden in Guatemala zijn economisch belangrijk als toeristische trekpleister. Ook vanuit ecologisch oogpunt is het belangrijk dat deze wouden behouden blijven.

- 2p 5 Welke van de volgende uitspraken geeft dit ecologisch belang juist weer?
- Als de omvang van de regenwouden kleiner wordt,
- A daalt het CO₂-gehalte in de atmosfeer.
 - B neemt de biodiversiteit af.
 - C treedt in het resterende deel van de bossen minder snel successie op.
 - D wordt de stikstofkringloop gesloten.

Na het omzetten van het organisch afval door de bacteriën bevat het restproduct voornamelijk ammonium. In de bodem wordt ammonium omgezet in nitriet en nitraat.

- 1p 6 Waardoor ontstaat er in de Biobag ammonium en geen nitriet of nitraat?

De Biobag kan worden gevuld met zeer verschillend organisch afval: mest, stro, gras en zelfs slachtafval of kadavers. De leerlingen die de Biobag onderzochten, ontdekten dat een te lage koolstof/stikstof (C/N)-verhouding de productie van biogas remt. Zonder stikstof werkte de Biobag niet. De leerlingen kwamen uit op een optimale verhouding C : N van 30 : 1.

- 2p 7 Welk van de volgende producten moet aan de Biobag worden toegevoegd als er verhoudingsgewijs te veel stikstof aanwezig is?
- A kadavers
 - B slachtafval
 - C stro
 - D urine

Natuurbeschermers zijn enthousiast over het plan van Julika, Emily en Marleen. Het gebruik van de Biobag vermindert om meerdere redenen het kappen van regenwouden door de Indiaanse bevolking. Eén reden is de verminderde vraag naar brandhout.

- 2p 8 Noteer een andere reden.

BETERE AARDAPPELS DOOR CISGENESE

Naar: examen havo 2016-1, vraag 27, 28 en 29.

Heel gewoon zien ze eruit onder de daglichtlampen van de klimaatkasten van Wageningen Universiteit: groene klompjes cellen in petrischaaltjes met kweekvloei-stof. Om de groene klompjes cellen te laten ontwikkelen tot jonge aardappelplantjes, voegt de analiste ruim voldoende water en meststoffen toe.

- 1p 9 Noteer twee andere abiotische factoren die beperkend kunnen zijn voor de groei van deze plantjes.

‘Ze kunnen uitgroeien tot jonge aardappelplantjes, maar gewoon zijn ze allerm minst,’ zegt de analiste die de plantjes verzorgt. Dankzij een bijzondere techniek zijn de plantjes voorzien van een gen dat hen beschermt tegen de aardappelziekte.

De aardappelziekte wordt veroorzaakt door de schimmel *Phytophthora infestans*. Door deze schimmel wordt een aardappel rot. Consumptie van besmette aardappelen door een zwangere vrouw kan bij haar baby leiden tot

aangeboren afwijkingen. Er wordt dus veel gespoten tegen *Phytophthora*: tien tot vijftien keer per akker per jaar. Dat is slecht voor het milieu, duur voor de producent, maar werkt goed tegen de schimmel.

Zwangere vrouwen die met *Phytophthora* besmette aardappelen eten, hebben kans op het krijgen van een baby met een open ruggetje. In dit verband worden als oorzaak voor het open ruggetje twee mogelijkheden genoemd:

- 1 De afwijking ontstaat door stoffen die de aardappel maakt tegen *Phytophthora*.
- 2 De afwijking ontstaat door stoffen die door de schimmel worden geproduceerd.

- 2p 10 Welke mogelijkheid kan of welke mogelijkheden kunnen juist zijn?

- A alleen 1
- B alleen 2
- C beide
- D geen van beide

De consument wil met zijn voedsel geen bestrijdingsmiddelen binnenkrijgen en de normen van de overheid voor gebruik van bestrijdingsmiddelen worden steeds strenger. Maar telers kunnen niet zonder gewasbescherming. Daarnaast duurt het kweken van resistente planten erg lang en heeft genetische modificatie voor- en nadelen. ‘We zoeken naar een oplossing voor dit grote dilemma in de landbouw,’ zegt de analiste. Het ontwikkelen van een resistente aardappel tegen aardappelziekte via de klassieke veredelingsroute is omslachtig, traag en duur. Het kweken van de Bionica, een biologisch aardappelras dat min of meer resistent is tegen *Phytophthora*, heeft zo’n veertig jaar geduurd.

- 2p 11 Leg uit hoe door klassieke veredeling een nieuw ras kan worden ontwikkeld dat een hoge aardappelopbrengst heeft én resistent is tegen de aardappelziekte.

Olympiade

►►  VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE JUNIOR 2012, VRAAG 2

Sluit aan bij: T5, BS2

Jodiumpillen

- 9** Begin maart 2011 werd Japan getroffen door heftige aardbevingen, gevolgd door een tsunami (vloedgolf vanuit de zee). De kernreactoren in dat gebied werden zwaar beschadigd. Uit de reactoren ging onder andere radioactief jodium lekken.
- Je hebt jodium nodig voor het maken van bepaalde hormonen. Radioactieve stoffen kunnen schade aanbrengen aan bijvoorbeeld DNA.
- Waarom werden jodiumpillen uitgereikt aan de mensen in de omgeving van deze centrales?
- A Door de jodium uit de jodiumpillen worden de mensen minder angstig voor een nieuwe aardbeving.
 - B De jodium uit de jodiumpillen zorgt ervoor dat radioactief jodium niet in het bloed wordt opgenomen.
 - C De jodium uit de jodiumpillen beschermt de mensen tegen radioactieve straling.
 - D Door jodiumpillen te slikken komt er minder radioactief jodium in de schildklier.

►►  VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE 2016, VRAAG 1

Sluit aan bij: T5, BS3

Dafne Schippers

- 10** Dafne Schippers won op de wereldkampioenschappen atletiek in Peking de 200 meter sprint. Dafne kwam al 0,149 seconde na het startschot uit het startblok. Het geluid van het startschot deed er 0,006 seconde over om het oor van Schippers te bereiken. De omzetting van de geluidstrillingen naar impulsen in het oor kost enkele milliseconden.
- Welk proces kost de meeste tijd?
- A de omzetting van geluidstrillingen naar impulsen in het oor
 - B de verwerking van impulsen door het centrale zenuwstelsel
 - C de geleiding van impulsen vanuit het ruggenmerg naar de beenspieren
 - D de impulsoverdracht van motorische zenuwcellen naar de spiervezels

►►  VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE JUNIOR 2011, VRAAG 9

Sluit aan bij: T6, BS5

Meeuwenoverlast

- 11** Grote aantallen meeuwen krijzen 's ochtends mensen wakker, bevuilen auto's met hun poep, waardoor ernstige lakschade optreedt en vallen in het broedseizoen mensen en huisdieren aan. De bestrijding van de overlast is lastig omdat de meeuwen beschermd zijn. Ze pikken ook vuilniszakken open. In Leiden heeft men daarom in 2007 de grijze vuilniszakken vervangen door rode, die ook iets dikker zijn. Dat hielp. In de eerste twee weken werd er geen zak open gepikt. In de derde week een paar, maar na de achtste week was het weer 'als vanouds'. Opmerkelijk was dat de nieuwe open gepikte zakken in de buurt van al eerder aangepikte zakken aangetroffen werden.

Enkele mogelijke vormen van (leer)gedrag zijn:

- 1 Inzicht
- 2 Gewenning
- 3 Imitatie
- 4 Inprenting

Van de eerste tot en met de achtste week hebben meeuwen ‘geleerd’ om hun gedrag aan te passen.

Welke vormen van leren hebben daarop invloed gehad? Omcirkel het juiste antwoord of de juiste antwoorden.

►►  VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE JUNIOR 2012, VRAAG 20

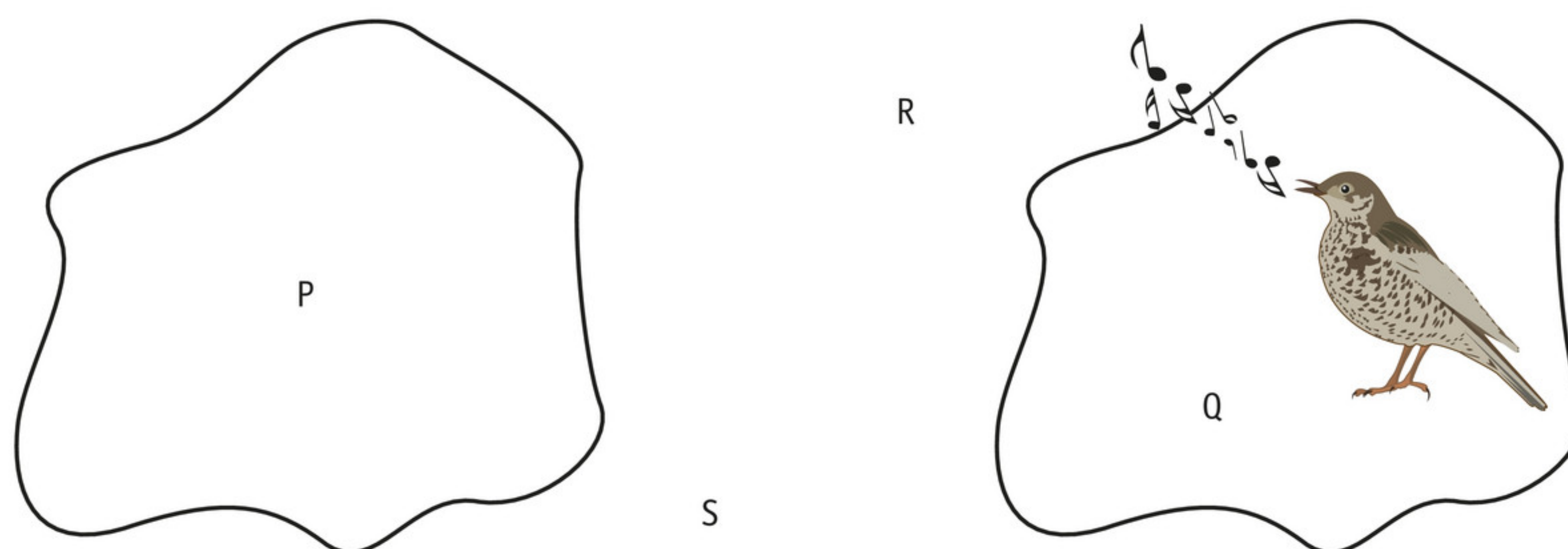
Sluit aan bij: T6, BS6

Vogelgedrag

- 12** Een mannetje van een bepaalde vogelsoort is in zijn territorium tijdens de paartijd aan het zingen. Hij heeft nog geen vrouwtje.
In het gebied waarin het territorium ligt, bevinden zich nog vier andere vogels:
- vogel P: een mannetje van dezelfde soort in zijn eigen territorium;
 - vogel Q: een mannetje van dezelfde soort dat geen eigen territorium heeft;
 - vogel R: een vrouwtje van dezelfde soort zonder mannetje;
 - vogel S: een mannetje van een andere soort die ook in de paartijd zingt.

In afbeelding 2 wordt weergegeven waar de verschillende vogels zich bevinden in het gebied.

► Afb. 2



Hieronder staan vier verschillende gedragingen.

Gedrag bij het horen van het zingende mannetje:

- 1 De vogel wordt gelokt naar het territorium van het zingende mannetje.
- 2 De vogel gaat ook zingen.
- 3 De vogel wordt weggejaagd door het zingende mannetje.
- 4 De vogel reageert niet op het zingende mannetje.

Vul de letters van de vogels in bij de nummers van het gedrag dat ze vertonen als reactie op het zingende mannetje.

1 =

2 =

3 =

4 =

▶▶ VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE JUNIOR 2014 HAVO, VRAAG 18
Sluit aan bij: T7, BS1

Voedselweb

13 Van vier soorten organismen is bepaald wat de tolerantiegrenzen zijn voor de temperatuur, de relatieve luchtvochtigheid en de lichtintensiteit. Tolerantie betekent dat de soort onder die omstandigheden kan overleven.

	Temperatuur (°C)	Relatieve luchtvochtigheid (%)	Lichtintensiteit (in relatieve eenheid)
soort 1	0 tot 35	0 tot 100	0 tot 100
soort 2	−10 tot 28	10 tot 90	0 tot 80
soort 3	−3 tot 27	30 tot 70	0 tot 60
soort 4	2 tot 15	30 tot 80	0 tot 100

In een bepaald gebied variëren de milieufactoren in de loop van een jaar als volgt:

temperatuur	−2 tot 14 °C
relatieve luchtvochtigheid	18 tot 86%
lichtintensiteit	0 tot 60 eenheden

De in de tabel aangegeven waarden kunnen gedurende langere tijd op de organismen inwerken.
Welk nummer heeft de soort of welke nummers hebben de soorten die zich gedurende langere tijd in het genoemde gebied kan/kunnen handhaven?
Omcirkel het juiste nummer of de juiste nummers.

- 1
- 2
- 3
- 4

▶▶ VOORRONDE BIOLOGIE OLYMPIADE JUNIOR 2015 HAVO, VRAAG 19-20
Sluit aan bij: T7, BS3

Prozac maakt garnalen overmoedig

14 Prozac is een depressivum, dat is een geneesmiddel om mensen te helpen die somber en neerslachtig zijn. Antidepressiva maken ook het leven van garnalen een stuk zonniger. Onder invloed van restanten Prozac in het zeewater zwemmen de dieren naar het oppervlak, waar het lichter is dan beneden. Keerzijde is dat ze vervolgens een verhoogd risico lopen om te worden opgegeten door een vogel of vis. Zie afbeelding 3.

▶ **Afb. 3** Prozac.



- a** De vis uit de cartoon is een:
- A consument
 - B producent
 - C reducent
- b** De dieren die in de cartoon voorkomen, vormen een
- A voedselketen.
 - B voedselpiramide.
 - C voedselsysteem.
 - D voedselweb.

A

aangeleerde eigenschappen 87
 abiotische factoren..... 124
 accommodatiespieren 74
 accommoderen 74
 accumulatie 164
 achterste oogkamer..... 71
 actiefase 37
 actine 45
 adaptatie 67
 adequaat gedrag 82
 adequate prikkel 67
 ADH 15
 adrenaline 19
 alles-of-nietsprincipe 37
 ammonificatie 160
 anabole steroïden 47
 animale zenuwstelsel 22
 antagonisten 46
 antidiuretisch hormoon (ADH)..... 15
 areaal 127
 assimilatie 138
 autonome zenuwstelsel.....22
 axon 23

B

balts 83
 beeldafstand..... 75
 beperkende factor 128
 betrouwbaar onderzoek.....48
 bewegingscentra 26
 bewegingszenuwcellen 25
 bijnieren 19
 bijziend 76
 biobrandstoffen 173
 biodiversiteit..... 147
 biologisch afbreekbaar 164
 biologisch evenwicht 133
 biologische klok 89
 biomassa 141, 173
 biosfeer 124
 biotische factoren 124
 biotoop..... 124
 blinde vlek 71
 bloedsuikerspiegel..... 18
 brandpunt..... 74
 brandpuntsafstand..... 74
 broedzorg 83
 broeikaseffect 170
 bronst..... 103

C

cellen van Schwann 23
 centrale zenuwstelsel 22
 centrum voor zien (gezichtscentrum).26

chemische receptoren 67
 climaxecosysteem 147
 commensalisme 131
 communiceren 102
 concurrentie..... 130
 conditionering..... 96
 conductoren.....23
 conflictgedrag 104
 consumenten 139
 convergeren 74
 cooling-down 47
 coöperatie 130

D

dendriet.....23
 denitrificatie 160
 dissimilatie 139
 divergeren..... 74
 doelwitcellen 13
 doelwitorgaan 34
 doping 47
 draagkracht..... 133
 dreiggedrag..... 104
 drempelwaarde 37
 drukreceptoren 67
 dubbele innervatie 34
 duurtraining.....47
 duurzaamheid..... 153
 duurzame ontwikkeling 153
 dwarsgestreept spierweefsel 43
 dynamisch evenwicht 10

E

ecologie 124
 ecosysteem..... 124
 effectoren 23
 eilandjes van Langerhans 18
 endocriene klieren 13
 energiebesparing 173
 epo 18, 47
 erfelijke eigenschappen 87
 ethogram 84
 ethologie 82
 eutrofiëring 167
 evenwichtsreceptoren 67
 exocriene klieren 13
 exoten 133
 externe prikkels 66

F

filamenten 45
 fossiele brandstoffen..... 158

G

geboorte 132

geconditioneerde reflex..... 96
 gedrag 82
 gedragselementen.....82
 gedragsketen 83
 gedragssysteem 83
 gehoorreceptoren.....67
 gele vlek 71
 geritualiseerd gedrag..... 103
 gevoelige periode.....95
 gevoelscentra 26
 gevoelszenuwcellen 24
 gevolgen voor de biodiversiteit 154
 gewenning 95
 gezichtscentrum (centrum voor zien) .26
 GH 15
 glad spierweefsel 43
 glasachtig lichaam 71
 glucagon..... 18
 glycogeen 18
 grijze stof.....26
 groeihormoon (GH) 15
 grote hersenen 26

H

habitat..... 124
 handelingen.....82
 harde oogvlies 70
 hergebruik 153
 hernieuwbare energiebronnen 173
 hersencentra 26
 hersenschors 26
 hersenstam.....26
 herstelfase.....37
 homeostase 10
 hoornvlies.....70
 hormonen 13
 hormoonconcentratie 13
 hormoonstelsel 14
 hypofyse..... 15
 hypothalamus 15

I

imitatie 99
 imponeergedrag..... 105
 impulsen 23
 impulsfrequentie.....38
 impulsgeleiding, sprongsgewijze 39
 impulsoverdracht 40
 impulssterkte 38
 indicatorsoorten.....148
 inheems..... 133
 innervieren 34
 inprenting 95
 insuline 18
 interne prikkels 66

- inwendig milieu..... 11
 inzicht..... 100
 ionenpomp 36
 iris..... 70
- K**
 K⁺-kanalen 37
 kegeltjes 79
 kleine hersenen 26
 koolstofassimilatie 138
 krachttraining..... 47
- L**
 leerprocessen 94
 levensgemeenschap..... 124
 lichtreceptoren..... 67
- M**
 mechanische receptoren..... 66
 merg..... 26
 migratie 132
 mineralisatie..... 140
 modelleren 150
 motivatie 88
 motorische eenheid..... 44
 motorische eindplaatjes 44
 motorische zenuwcellen 25
 mutualisme..... 131
 myelineschede..... 23
 myosine..... 45
- N**
 Na⁺-kanalen 36
 natrium-kaliumpompen 36
 natuurbeheer 154
 negatieve lenzen 74
 negatieve terugkoppeling 10
 netvlies..... 71
 neuronen 23
 neurotransmitters..... 23
 nitrificatie 160
 normwaarde..... 10
- O**
 ooglenzen..... 71
 optimum 128
 optisch chiasma 80
 orthosympatische deel 33
 overspronggedrag 104
 oxytocine 15
- P**
 parasitisme 131
 parasympatische deel 34
 perifere zenuwstelsel 22
- periodieke invloeden..... 88
 persistent 164
 pezen 44
 pigmenten 70
 pijnreceptoren 67
 pikorde 104
 pionierecosysteem 146
 pioniersoorten 146
 piramide van aantallen 141
 piramide van biomassa 141
 positieve lenzen 74
 positieve terugkoppeling 10
 predatie..... 136
 prikkel 23
 prikkeldrempel..... 37, 67
 prikkels, externe 66
 prikkels, interne 66
 primaire successie 147
 producenten 138
 productie 142
 proefondervindelijk..... 96
 protocol 84
 pupil..... 70
 pupilreflex 77
- R**
 rangorde 104
 reactiesnelheid 32
 receptoren 13, 23
 recyclen 153
 reducenten 140
 reflex 31
 reflexboog..... 32
 regelkring..... 10
 regenboogvlies 70
 resistent 163
 respons 82
 Rode lijst..... 155
 ruggenmerg..... 28
 ruggenmergszenuwknopen 28
 rustpotentiaal 36
- S**
 schakelcellen 24
 schildklier..... 16
 schildklierhormoon 16
 secundaire successie 148
 sensorische zenuwcellen 24
 signaalmoleculen 13
 signaalstoffen 136
 signalen..... 102
 Skinner-box..... 96
 sleutelprikkel 90
 sociaal gedrag..... 102
 soortensamenstelling..... 125
- spierbundels..... 44
 spiercontractie..... 44
 spierfibrillen 45
 spierschede 44
 spiervezels 43
 spierweefsel, dwarsgestreept 43
 spierweefsel, glad 43
 sprongsgewijze impulsgeleiding 39
 staafjes..... 78
 staten 105
 stereoscopie 80
 sterfte..... 132
 stikstofbinding..... 160
 straalsgewijs lopende spieren 77
 straalvormig lichaam 71
 successie..... 147
 supranormale prikkel 90
 symbiose 130
 synapsen 23
- T**
 tastreceptoren..... 67
 temperatuurreceptoren..... 67
 territoriumgedrag 104
 thyroxine..... 16
 tolerantie 128
 trial and error 96
 trofisch niveau 138
- U**
 uitheems 133
 uithoudingsvermogen 47
 uitspoeling..... 166
 uitwendig milieu 11
- V**
 vaatvlies 71
 valide onderzoek..... 48
 vegetatieve zenuwstelsel..... 22
 veredeling..... 167
 versnippering..... 154
 verspreidingsgebied..... 127
 versterkte broeikaseffect 171
 verziend..... 76
 verzoeningsgedrag 105
 voedselketen 136
 voedselweb..... 137
 voorste oogkamer..... 71
 voortgezette assimilatie 139
 voortplantingsgedrag 83
 voortplantingsprikkel 89
 voorwerpsafstand..... 75
 vraat 136

W

warming-up.....47

waterbloei..... 167

witte stof.....26

Z

zenuwcellen 23

zenuwen 25

zenuwstelsel.....22

AUTEURS

Deze geheel vernieuwde zesde editie bouwt voort op de vierde en vijfde editie van BVJ geschreven door:

Arteunis Bos
Onno Kalverda
Ruud Passier
Gerard Smits
Ben Waas
René Westra

REDACTIE

Ivonne Hermens
Grada Hooijer
Avyola van Pinxten

FOTO'S EN ILLUSTRATIES

123RF: thema 6: 22, 38, 41, 45, 47, 49; thema 7: 7, 8, 14, 17, 48, 60; Oguz Acioz: thema 7: ontdekken lb; ANP Photo, Rijswijk: thema 5: 8, 56; thema 7: 35, 57; Science Photo Library / ANP Photo, Rijswijk: thema 5: 12, 14.2, 48.1, 51.1; thema 6: 19; thema 7: 44; <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat / Harry van Reeken: thema 7: 29 o; Tessa van den Berg: thema 5: ontdekken lb; Teun Berserik, Den Haag: thema 5: 19; Dreamstime: thema 6: 40; Erik Eshuis Infographics, Groningen: thema 5: ontdekken 1, ontdekken 2, 10, 26, 29; thema 6: 4, 18, 21, 27, 31, 50 o, 51 o, 52, 68, practica 3; thema 7: ontdekken 1, 19, 20, 21, 23, 42, 43; olympiade: 2 Wim R. Euverman, Utrecht: thema 7: 1; FMRI Centre, Nuffield Department of Clinical Neurosciences, University of Oxford: thema 5: 35; Getty Images: thema 5: 21, practica 2; thema 6: ontdekken lb, ontdekken 2, 33, 69; Hollandse Hoogte, Den Haag: thema 5: 9; thema 6: 42; E.F. Gramsbergen: thema 7: 29 b; Imageselect, Wassenaar: thema 5: 17, 33, 38, 48.2, 50; thema 6: ontdekken 1, 5.2, 46.1, 58, 58; Medical Visuals / Maartje Kunen, Arnhem: thema 5: 3, 4, 7, 15, 16, 20, 22, 27, 28, 31, 34, 39, 40, 42 rb, 47, 48.1, 48.2, 51.2, 52; thema 6: 2.1, 6, 8, 15, 16, 17, 23; Moné Vormgeving, 's-Hertogenbosch: thema 7: 36, 61; Nationale Beeldbank, Rotterdam: thema 7: 64; Nature in Stock, Rotterdam: thema 6: 25, 28; Cyril Ruoso / Biosphoto / Nature in Stock, Rotterdam: thema 6: 55; Philips: thema 7: 56, practica 3; Picture-Alliance, Frankfurt: thema 6: 57; Ingrid Robers, Amsterdam: thema 6: 44.2

ONTWERP

Uitgeverij Malmberg

OPMAAK

Pointer grafische vormgeving, Geldrop

BEELDVERWERVING

B en U International Picture Service, Amsterdam

RWZI Amersfoort: thema 7: 47; Shutterstock: thema 5: 2, 54.1, 54.2, 55, samenhang 1; thema 6: 5.1, 56, 67, samenhang 1; thema 7: 28, 37.1, 37.2, 38, 39, 40, 46, 54, 63, samenhang 1; Stichting ALS Nederland: thema 5: 25; Stichting TeamAlert, Utrecht: thema 6: 30; Studio-CVR Corina van Riel: thema 7: 33; Studio Vonk: olympiade: 3; Uit examen: thema 5: samenhang 2, examentrainer 1, examentrainer 2; thema 6: samenhang 2, examentrainer 1, examentrainer 2; Bas Teunis Zoölogical Illustrations, Sinderen: thema 6: 29, 59; Henk van de Vrande: thema 5: 49, 53; thema 6: 1, 10, 11, 12; Wereld Natuur Fonds, Zeist: thema 6: 43; René Westra: thema 7: practica 2; Alex Wiersma: thema 7: 41

BEELDEN OMSLAG EN THEMA OPENINGEN

omslag: macro zegge, Science Photo Library / ANP Photo, Rijswijk
thema 5: inlineskaters, ANP Photo, Rijswijk
thema 6: stokstaartjes, Getty Images
thema 7: zwaan, Hollandse Hoogte, Den Haag

De uitgever heeft getracht met alle rechthebbenden op beelden en tekst in contact te treden. Mogelijk is dit niet in alle gevallen gelukt. Degene die meent op beelden en/of tekst recht te kunnen doen gelden, wordt verzocht in contact te treden met Uitgeverij Malmberg te 's-Hertogenbosch.

ISBN 978 94 020 7767 4

Release 6.1, eerste oplage

MALMBERG

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16b Auteurswet 1912 j° het Besluit van 20 juni 1974, St.b. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van

23 augustus 1985, St.b. 471, en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

© Malmberg 's-Hertogenbosch



Je mag dit boek houden.
Handig als naslagwerk.



Je mag in dit boek schrijven
en aantekeningen maken.



Je hebt ook toegang tot
de online leeromgeving.

AUTEURS

Marianne Gommers

Desirée Hagens

Arthur Jansen

Miranda Jansen

André van Leijen

Hans Rawee

Theo de Rouw

EINDREDACTIE

Ilse Gmelig

Lineke Pijnappels

ISBN 978 94 020 7767 4



9 789402 077674

601741-01